Programme de colles Physique PC* - Semaine 3

Une colle comportera :
- une question de cours à traiter en moins de 15 minutes,
- un exercice.

Une question de cours non sue entrainera une note inférieure à la moyenne.

Les démonstrations à savoir (questions de cours - non exhaustives - typiques pouvant être posées par l'examinateur) sont marquées en rouge et introduites par le symbole ☞.

Thermodynamique 3

Diffusion de particules

1 Débit de particules à travers une surface - Flux de particules

1.1 Débit de particules à travers une surface

1.2 Flux de particules et vecteur densité de flux de particules

1.3 Loi de Fick

connaître la loi, l'interprétation physique, les grandeurs et les dimensions

2 Bilans de particules

2.1 Bilan local de particules dans le cas d'un transport de matière unidimensionnel en géométrie cartésienne

☞ Connaître l'équation locale de conservation du nombre de particules à 1D et la généralisation à 3D. Savoir la redémontrer à 1D.

2.2 Bilan local de particules dans le cas d'un transport radial en géométrie cylindrique

☞ Connaître la démonstration.

2.3 Bilan local de particules dans le cas d'un transport radial en géométrie sphérique

☞ Connaître la démonstration.

2.4 Bilan local de particules dans le cas général

La démonstration a été vue dans le cas général mais n'est pas exigible (sauf pour X-ENS).

2.5 Cas du régime stationnaire en l'absence de sources internes

3 Équation locale de diffusion

3.1 Démonstration dans le cas unidimensionnel en géométrie cartésienne

☞ Connaître l'équation locale de diffusion à 1D et la généralisation à 3D. Savoir la redémontrer à 1D.

3.2 Démonstration dans le d'une diffusion radiale en géométrie cylindrique

☞ Démonstration à connaître

3.3 Démonstration dans le d'une diffusion radiale en géométrie sphérique

☞ Démonstration à connaître

3.4 Analyse de l'équation de diffusion

3.5 Conditions aux limites

3.6 Exemples de résolution de l'équation de diffusion en régime stationnaire

☞ Résolution pour une géométrie cartésienne, pour une géométrie cylindrique et pour une géométrie sphérique. Notion de résistance de diffusion. Les deux méthodes pour établir la résistance de diffusion doivent être connues.

3.7 Résolution en régime variable

La résolution par méthode d'Euler n'a pas encore été vue (capacité numérique traitée ultérieurement).

4 Approche microscopique de la diffusion

4.1 Marche aléatoire

☞ Marche aléatoire à 1D : savoir retrouver la distance quadratique moyenne parcourue et en déduire l'expression microscopique du coefficient de diffusion associé.

La capacité numérique sur la marche aléatoire n'a pas encore été vue.

4.2 Phénomène de transport dans un gaz

☞ Savoir exprimer le libre parcours moyen en fonction de la densité volumique de particules et de la section efficace pour le modèle de sphères dures.

☞ Savoir démontrer l'expression du coefficient de diffusion à partir d'une approche microscopique proche de celle de la pression cinétique (pour les colleurs, le cas simple où 1/6 des particules traversent la surface dans une direction a été abordé mais la démonstration avec angle solide n'est pas au programme !)

Capacités numériques 1 et 2

Traitement des incertitudes

Toutes les capacités numériques sur les incertitudes ont été vues (évaluations de type A et B, calculs des reports d'incertitudes par les formules et par simulation de Monte-Carlo, régression linéaire avec simulation Monte-Carlo).

Électrocinétique

Électrocinétique PCSI

Toute l'électrocinétique de PCSI. Régimes transitoires, régimes sinusoïdaux forcés, filtres, ALI. Des exercices portant sur ces différentes parties ont été traités en classe.

☞ Savoir démontrer les expressions de la fonction de transfert et de l'impédance d'entrée des montages suiveur, amplificateur inverseur, amplificateur non inverseur, intégrateur.

Thermodynamique 4

Diffusion thermique

1 Puissance thermique traversant une surface

1.1 Puissance thermique

1.2 Vecteur densité de flux thermique

1.3 Loi de Fourier

2 Bilan d'énergie interne

2.1 Équation locale de conservation de l'énergie interne à 1D

☞ À savoir démontrer et connaître la relation.

2.2 Équation locale de conservation de l'énergie interne pour une diffusion radiale en géométrie cylindrique

☞ À savoir démontrer.

2.3 Équation locale de conservation de l'énergie interne pour une diffusion radiale en géométrie sphérique

☞ À savoir démontrer.

2.4 Équation locale de conservation de l'énergie interne dans le cas général

☞ Expression à connaître. La démonstration a été vue, son apprentissage est vivement recommandé mais non exigible.

2.5 Cas du régime stationnaire en l'absence de sources internes

☞ Notion de résistance thermique en géom 1D, cylindrique et sphérique. Expressions à savoir retrouver par les deux méthodes (connaissance préalable de T(r) ou conservation du flux).
Association de résistances.

3 Équation locale de diffusion

3.1 Cas unidimensionnel

☞ Connaître l'expression de l'équation de diffusion, sa démonstration en 1D et la généralisation de l'équation à 3D

3.2 Cas d'une diffusion radiale en géométrie cylindrique

☞ Démonstration à connaître

3.3 Cas d'une diffusion radiale en géométrie sphérique

☞ Démonstration à connaître

3.4 Conditions aux limites

3.5 Exemples de résolution en régime stationnaire

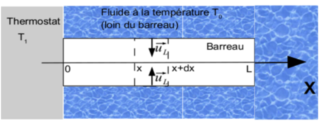
☞ Cas 1D, géométrie cylindrique, géométrie sphérique

3.6 Cas d'un échange thermique à travers les parois latérales

Exercice :

On considère un barreau cylindrique de rayon r de conductivité thermique λ, de masse volumique μ et de capacité thermique c constantes et uniformes. On suppose le barreau L très long. On place le barreau en contact thermique avec un thermostat T_1 en $x = 0$. Le reste du barreau est plongé dans un fluide dont la température est T_0 loin du barreau. Le fluide est le siège d'une convection thermique engendrant un transfert thermique latéral caractérisé par une puissance par unité de surface $dP_{th,L}$.
On admettra que cette puissance est donnée par la loi de Newton : $dP_{th,L} = h(T(x,t) - T_0)dS$ où h est une constante appelée coefficient de transfert thermique et dS l'élément de surface latérale que la puissance traverse.

Remarque : la loi de Newton n'est pas à savoir mais de nombreux énoncés de concours l'utilisent (après avoir donné son expression). Aussi est-il nécessaire de s'être habitué à la manipuler.



1. En effectuant un bilan énergétique entre t et $t+dt$ pour le volume de barreau compris entre x et $x+dx$, déterminer l'équation différentielle vérifiée par $T(x,t)$.
2. En régime stationnaire, déterminer $T(x)$. Peut-on définir une résistance thermique pour le barreau ?
3. Déterminer la puissance totale évacuée latéralement par le barreau.

3.7 Cas de sources internes

Exercice :

Préliminaire :
On considère un barreau de section S et d'axe de ré-

volution Ox. Le barreau est le siège d'une réaction (chimique ou nucléaire) produisant une puissance thermique de densité volumique notée $\sigma(M,t)$.
En effectuant un bilan énergétique entre t et $t+dt$ pour le volume de barreau compris entre x et $x+dx$, déterminer l'équation différentielle vérifiée par $T(x,t)$. Montrer que celle-ci peut se mettre sous la forme : $-\lambda\Delta T + \mu c \frac{\partial T}{\partial t} = \sigma$. On admettra la généralisation de cette forme à toute géométrie.

Un fil électrique d'axe z, de longueur L et de rayon $a \ll L$, de résistance électrique R, est parcouru par un courant électrique uniforme d'intensité I. Le régime est stationnaire. On peut considérer que la température ne dépend que de r. La conductivité thermique du fil est notée λ.

1. Déterminer la puissance thermique σ apportée par unité de volume par effet Joule.
2. Déduire de l'équation de diffusion que :

$$T(r) = \frac{-RI^2}{4\lambda\pi a^2 L} r^2 + \alpha \ln(r) + \beta$$

   Quelle est la valeur de α ? Quel est le point de température la plus élevée ?
3. La température de l'atmosphère est T_0. La température de fusion du métal constituant le fusible est notée T_F. Le fusible doit fondre pour un courant d'intensité I_M. Déterminer la valeur de la résistance minimale R_m qui permet cela.
4. Application numérique : pour l'alliage à base d'étain et de plomb constituant le fusible, $L = 1\,\text{cm}, \lambda = 67\,\text{W/m/K}, T_0 = 20\,°\text{C}$ et $T_F = 200\,°\text{C}$. Déterminer R_m pour un fusible fondant au-delà de 5,0 A.
5. Comment raffiner ce modèle ?

Thermodynamique 5

Rayonnement thermique

Corps noir, loi de déplacement de Wien, loi de Stefan-Boltzmann, utilisation des lois précédentes pour étudier l'importance de l'effet de serre sur la température de la Terre. Cette partie ne peut pas faire l'objet de questions de cours et toutes les lois doivent être redonnées si elles sont utilisées. Un exercice sur l'effet de serre utilisant les bilans radiatifs est au programme.

Ondes 1

Ondes dans des milieux non dispersifs

Questions de cours seulement pour ce chapitre.

1 Oscillateurs

Ce paragraphe a été traité dans le cadre de deux masses reliées chacune à un bâti par un ressort et couplées entre elles par un 3e ressort.

1.1 Rappels

1.2 Oscillateurs couplés

Modes propres d'oscillateurs couplés, propriétés des modes (modes symétrique et antisymétrique), cas particulier des oscillateurs identiques (le couplage écarte les pulsations propres), généralisation qualitative à N oscillateurs couplés, oscillateurs identiques et couplage faible (phénomène de battements), résonances d'un système de deux oscillateurs couplés

2 Onde longitudinale dans un solide élastique

☞ Loi de Hooke - Module d'Young
☞ Modèle microscopique de solide élastique unidimensionnel à l'aide de la chaîne d'atomes élastiquement liés à guider : force subie par un atome, passage à la limite continue, allongement relatif d'une chaîne d'atomes, interprétation microscopique de la loi de Hooke.
☞ Établissement de l'équation d'onde : celle-ci se fait à la limite continue à l'aide de la loi de Hooke.

3 Ondes transversales sur une corde vibrante infiniment souple

☞ Connaître les 5 hypothèses du modèle : corde sans raideur, élasticité négligée, corde homogène, poids négligé, mouvements infiniments petits
☞ Savoir démontrer l'équation de propagation pour une onde transversale sur une corde vibrante infiniment souple. Connaître par cœur l'équation de d'Alembert.

4 Câble coaxial

☞ Une fois la modélisation du câble coaxial redonnée par le colleur, savoir redémontrer l'équation de propagation