# Programme de colles Physique PC* - Semaine 2

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.

Un ou deux calculs d'opérateurs seront par ailleurs demandé en début de colle.

*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 ☞.*

Chapitre 0

# Outils mathématiques

## 1 Valeur moyenne d'une fonction périodique

## 2 Résolution d'une équation différentielle linéaire à coefficients constants

EQD d'ordre 1 et d'ordre 2 avec second membre constant, EQD linéaire avec second membre sinusoïdal

## 3 Rappels de cinématique

Coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques (bases à connaître)
Surfaces et volumes courants à connaître par cœur.

## 4 Champs de scalaires et de vecteurs

Circulation, flux (et orientation d'une surface)

## 5 Opérateurs différentiels

☞ L'examinateur posera un ou plusieurs calculs d'opérateurs différentiels pendant la colle.

### 5.1 Opérateur gradient

Connaître l'interprétation physique, la définition, l'expression en coordonnées cartésiennes et cylindriques.

### 5.2 Opérateur rotationnel

Théorème de Stokes, savoir calculer le rotationnel en coordonnées cartésiennes.

### 5.3 Opérateur divergence

Théorème de Green-Ostrogradsky, savoir calculer la divergence en coordonnées cartésiennes.

### 5.4 Opérateur laplacien

Savoir calculer le laplacien en coordonnées cartésiennes.

Thermodynamique 1

# Thermodynamique Sup

## 1 Introduction

## 2 Définitions

## 3 Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre

libre parcours moyen, vitesse quadratique moyenne, pression cinétique

## 4 Calcul du travail des forces de pression sur un fluide

à savoir faire pour une transformation monobare/isobare, isotherme, adiabatique réversible et isochore

## 5 Bilan d'une fonction d'état extensive

## 6 Premier principe de la thermodynamique

## 7 Énergie interne et enthalpie

Connaître les variations pour un gaz parfait et une phase condensée

## 8 Lois de Laplace

## 9 Changements d'états

Connaître la variation d'enthalpie

## 10 Deuxième principe de la thermodynamique

Les variations de $S$ doivent être données. Par contre il faut connaitre $\Delta S$ pour un changement d'état.
Les identités thermodynamiques sont hors-programme.

## 11 Machines thermiques

☞ Démonstration des rendements/efficacités maximaux d'une machine ditherme + connaître par cœur ces expressions

## 12 Corps pur diphasé en équilibre

Allure de l'état du corps pur en diagramme (P,T) à connaître dans le cas général et dans le cas de l'eau.

Étude de l'équilibre liquide vapeur en diagramme (P,v), notion de pression de vapeur saturante, théorème des moments.

Thermodynamique 2

# Systèmes ouverts en régime stationnaire

## 1 Généralités

### 1.1 Système ouvert - sytème fermé

### 1.2 Débit volumique et débit massique

## 2 Étude des systèmes ouverts en régime stationnaire

### 2.1 Position du problème : écoulement en régime permanent

### 2.2 Bilan d'une fonction d'état extensive pour $(S^*)$

### 2.3 Bilan de masse

Il faut savoir démontrer que le débit massique est conservé en régime stationnaire

### 2.4 Bilan d'énergie

☞ Démonstration du premier principe pour un écoulement à connaître + savoir énoncer ce principe

### 2.5 Bilan d'entropie

☞ Démonstration du deuxième principe pour un écoulement à connaître + savoir énoncer ce principe

### 2.6 Application 1 : détente de Joule-Kelvin

### 2.7 Application 2 : Accélération isentropique d'un gaz dans une tuyère

## 3 Étude de machines thermiques réelles à l'aide de diagrammes (P,h)

Savoir lire un diagramme $(P,h)$, connaître le théorème des moments, utiliser un diagramme $(P,h)$ pour calculer à l'aide du premier principe pour un écoulement les transferts énergétiques lors des différentes transformations d'un cycle.

## 4 Étude de machines thermiques réelles à l'aide de diagrammes (T,s)

Mêmes remarques que précédemment.

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

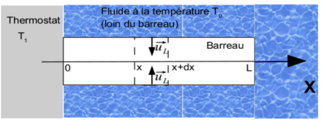
☞ Cas 1D, géométrie cylindrique, géométrie sphérique

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

**Exercice :**

On considère un barreau cylindrique de rayon $r$ de conductivité thermique $\lambda$, de masse volumique $\mu$ 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 révolution $Ox$. 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 $\lambda$.

1. Déterminer la puissance thermique $\sigma$ 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 $\alpha$ ? 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 ?