

Semaine 9 : du 24/11 au 28/11

Remarque importante : pour cette semaine, deux questions de cours par étudiant. L'une des deux est un bilan, chapitre D1 (cas axial) ou B3 (cas au choix), avec la généralisation et l'opérateur vectoriel en coordonnées cartésiennes. Chaque grandeur devra être nommée avec son unité.

Le programme de colles contient :

- **cours et exercices :** le(s) chapitre(s) B1 et B2;
- **cours uniquement :** le(s) chapitre(s) D1 et B3;
- les blocs **3.1, 3.2, 3.3, 3.4** et **3.5** du programme de PCSI Physique avec les questions de cours suivantes :

Ph 3.1.a. Rappeler la relation liant les différents paramètres physiques d'un gaz parfait et préciser les unités des différents termes.

Ph 3.1.b. Tracer le diagramme (p, T) de l'eau. Placer les points particuliers (C : critique, III : triple) ainsi que les courbes de changement d'état. Expliquer ensuite pourquoi il est plus long de faire cuire des pâtes en altitude.

Ph 3.1.c. Tracer le diagramme de Clapeyron pour la transition liquide/vapeur d'un fluide. Nommer ensuite les différentes courbes associées puis démontrer le théorème des moments liant le titre massique en vapeur x et les volumes massiques v , v_L et v_V .

Ph 3.4.a. Un cylindre indéformable et calorifugé de volume $2V_0$ est séparé en 2 compartiments identiques de volume V par une paroi rigide de masse et de capacité thermique négligeables. Initialement l'un des compartiments est vide, l'autre contient n moles de gaz parfait à la pression P_0 et à la température T_0 . La paroi de séparation est cassée :

- * appliquer le premier principe au gaz intérieur au cylindre et déterminer la température finale.
- * appliquer le second principe pour déterminer l'expression littérale du terme de création d'entropie. Commenter.

Donnée : Entropie du gaz parfait : $S(T, V) = S(T_0, V_0) + C_v \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) + nR \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)$.

Ph 3.5.a. Rappeler le schéma synoptique puis définir et établir le rendement d'une machine cyclique ditherme (moteur, réfrigérateur, PAC) fonctionnant entre une source chaude à T_C et une source froide à T_F .

Chapitre B1 : Thermodynamique : systèmes fermés & systèmes ouverts

Questions de cours :

- ChB1 - Énoncer les principes de la thermodynamique pour une transformation élémentaire d'un système fermé.
- ChB1 - Soit un système fermé contenant n moles de gaz parfait. À l'aide d'une écriture différentielle de l'équation d'état des gaz parfaits, préciser l'influence d'une augmentation de température ou d'une augmentation de volume du système sur la pression.
- ChB1 - Rappeler le théorème des moments et illustrer son interprétation sur un diagramme (P, v) , $(\log P, h)$ ou (T, s) .
- Pour ces deux questions de cours, une description précise (schéma et hypothèses) des systèmes étudiés est attendue :
- ChB1 - Établir la conservation de la masse lors d'un écoulement unidimensionnel stationnaire.
- ChB1 - Établir le premier principe appliqué aux machines à écoulement stationnaire.

Programme :

En phénomènes de transport (p.14) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
2.2.1. Formulation infinitésimale des principes de la thermodynamique	
Premier principe.	Énoncer et exploiter les principes de la thermodynamique pour une transformation élémentaire.
Deuxième principe : $dS = \delta S_e + \delta S_c$ avec $\delta S_e = \delta Q/T_0$ pour une évolution monotherme.	Utiliser avec rigueur les notations d et δ en leur attachant une signification.

En transformations de la matière (p.35) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
7.2. 2^{ème} principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	
Identités thermodynamiques.	Citer les expressions des différentielles de U , H . (uniquement composition fixe pour l'instant).

En bilans macroscopiques (p.18–19) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
3.1. Définition d'un système fermé pour les bilans macroscopiques	
Système ouvert, système fermé.	Définir un système fermé approprié pour réaliser un bilan de grandeur extensive.
3.2. Bilans d'énergie	
Bilans thermodynamiques.	Exprimer les principes de la thermodynamique pour un écoulement stationnaire sous la forme : $\Delta h + \Delta e_c + \Delta(gz) = w_u + q$; $\Delta s = s_e + s_c$.

Chapitre B2 : Cycles industriels

Questions de cours :

- ChB2 - Soit un dispositif élémentaire (détendeur, échangeur thermique, turbine, compresseur). Appliquer le 1^{er} PAMES au fluide traversant le dispositif en précisant les hypothèses usuelles adoptées. Préciser la courbe $\text{iso}-f$ décrite par l'état du fluide et la tracer sur un diagramme fourni.
- ChB2 - Pour un cycle simple donné, lier les transformations aux étapes dans le diagramme. L'ensemble des dispositifs du cycle et un diagramme (T, s) ou $(\log P, h)$ sera fourni. Seul le cycle de Rankine (sens moteur et récepteur) a été travaillé en cours, mais d'autres peuvent être proposés.

Programme :

En bilans macroscopiques (p.18–19) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
3.2. Bilans d'énergie	
Bilans thermodynamiques.	Étudier des propriétés des machines thermodynamiques réelles à l'aide de diagrammes (P, h) .

Chapitre D1 : Transport de charges

Questions de cours :

ChD1 - Établir l'équation de conservation locale de la charge en coordonnées cartésiennes à une dimension puis rappeler sa généralisation à l'aide d'un opérateur vectoriel dont on précisera l'expression en coordonnées cartésiennes.

Programme :

En phénomènes de transport (p.13) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
2.1. Transport de charge	
2.1.1. Conservation de la charge	
Densité volumique de charge électrique ρ , vecteur densité de courant électrique $\vec{j}$.	Passer d'une description microscopique (porteurs de charges, vitesse des porteurs) aux grandeurs mésoscopiques ρ et $\vec{j}$.
Intensité du courant électrique.	Écrire l'intensité comme le flux du vecteur densité de courant électrique à travers une surface orientée.
Bilan de charge. Équation locale de la conservation de la charge.	Établir, en coordonnées cartésiennes, l'équation locale traduisant la conservation de la charge électrique. Énoncer l'équation locale et en interpréter chacun des termes.
Régime stationnaire.	Définir une ligne de courant et un tube de courant. Exploiter le caractère conservatif du vecteur densité de courant électrique en régime stationnaire et relier cette propriété à la loi des nœuds usuelle de l'électrocinétique.

Chapitre B3 : Transfert thermique par conduction

Questions de cours :

- ChB3 - Pour un problème unidimensionnel en coordonnées cartésiennes, cylindriques ou sphériques, établir l'équation aux dérivées partielles vérifiée par la température. Généraliser cette équation à l'aide d'un opérateur vectoriel, dont on donnera l'expression en coordonnées cartésiennes. Analyser cette équation en ordre de grandeur afin de relier les échelles caractéristiques spatiale et temporelle.
- ChB3 - Établir l'expression de la résistance thermique d'un cylindre calorifugé latéralement (conduction axiale) ou d'un cylindre calorifugé longitudinalement (conduction radiale cylindrique). Rappeler les conditions de validité de l'analogie électrocinétique.
- ChB3 - Établir la relation de dispersion des ondes thermiques en géométrie unidimensionnelle cartésienne, exprimer les ondes thermiques associées et la distance caractéristique d'atténuation.

Programme :

En phénomènes de transport (p.14–16) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
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 $\vec{j}_Q$.	Exprimer le flux thermique comme le flux du vecteur $\vec{j}_Q$ 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. Capacité numérique : 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.

Notions et contenus	Capacités exigibles
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.
ARQS, analogie électrocinétique avec un circuit RC.	Mettre en évidence un temps caractéristique d'évolution de la température. Justifier l'ARQS. Établir l'analogie avec un circuit électrique RC.
2.2.4. Ondes thermique	
Relation de dispersion.	Établir la relation de dispersion des ondes thermiques en géométrie unidirectionnelle.
Effet de peau thermique.	Mettre en évidence le déphasage lié à la propagation. Établir une distance caractéristique d'atténuation.

En outils mathématiques (p.41–42) :

Notions et contenus	Capacités exigibles
1. Analyse vectorielle	
Gradient.	Relier le gradient à la différentielle d'un champ scalaire à t fixé. Exprimer les composantes du gradient en coordonnées cartésiennes. Utiliser le fait que le gradient d'une fonction f est perpendiculaire aux surfaces iso- f et orienté dans le sens des valeurs de f croissantes.
Divergence.	Citer et utiliser le théorème d'Ostrogradski. Exprimer la divergence en coordonnées cartésiennes.
Laplacien d'un champ scalaire.	Définir le laplacien à l'aide de la divergence et du gradient. Exprimer le laplacien en coordonnées cartésiennes.