

Conduction thermique, diagrammes, écoulements

Déroulement de la colle

- ▷ Une question de cours parmi la liste ci-dessous ;
- ▷ Un exercice portant sur les thèmes indiqués ci-dessous.

Au programme des questions de cours

- ▷ **Un étudiant par groupe** devra démontrer le premier principe pour un système ouvert. La démonstration est notoirement très longue mais régulièrement demandée à l'épreuve B : outre les aspects physiques, les étudiants ont un travail de concision à faire sur la rédaction.
- ▷ Pour l'un des diagrammes de Clapeyron, des frigoristes, entropique ou de Mollier :
 - Rappeler les axes et l'allure de la courbe de saturation ;
 - Retrouver l'allure d'une famille de courbe iso au choix de l'interrogateur dans les cas limites (liquide incompressible, système diphasé, gaz parfait).

Les cas « techniques » (isentropes dans le diagramme des frigoristes, isobares dans le diagramme entropique ou dans le diagramme de Mollier, etc.) peuvent être donnés en exercice mais les questions de cours se limiteront aux cas simples.

- ▷ Pour un champ de vitesse donné en coordonnées cartésiennes par l'interrogateur, représenter le profil de vitesse sur une section droite de l'écoulement et déterminer si l'écoulement est compressible, puis tourbillonnaire.

Le but est notamment de vérifier que les expressions de div et $\vec{\text{rot}}$ sont connues.

- ▷ Énoncer la relation de Bernoulli en indiquant sa signification physique. Retrouver l'évolution des champs de pression et de vitesse dans un dispositif type Venturi.

Le dispositif de Venturi n'est pas à connaître et pourra donc être rappelé si besoin. Je n'attends pas de longs calculs : l'étudiant doit combiner la conservation du débit et le théorème de Bernoulli pour montrer qu'un resserrement de section entraîne une hausse de vitesse et une chute de pression.

Au programme des exercices

Chapitre 6 : Conduction thermique

☛☛☛ **Attention !** Pour cette dernière semaine, les exercices porteront principalement sur les résistances thermiques.

Extrait du programme officiel : partie 1 « Thermodynamique et mécanique des fluides », bloc 7 « Transfert d'énergie par conduction thermique ».

Le bloc 7 aborde l'étude de la conduction thermique dans les solides à l'aide de bilans infinitésimaux, la loi de Newton étant introduite pour faire le lien avec la thermodynamique industrielle. On se limite à l'étude de problèmes unidimensionnels.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Densité de flux thermique.	Définir et algébriser la puissance thermique échangée à travers une interface.
Loi de Fourier.	Lier la non-uniformité de la température à l'existence d'un flux thermique et interpréter son sens. Citer des ordres de grandeur de conductivité thermique dans le domaine de l'habitat.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Bilan enthalpique.	Établir une relation différentielle entre la température et le vecteur densité de flux thermique.
Équation de la chaleur sans terme source.	Établir l'équation de la diffusion thermique. Interpréter qualitativement l'irréversibilité du phénomène. Lier le temps et la longueur caractéristiques d'un phénomène de diffusion au coefficient de diffusion thermique par une analyse dimensionnelle.
Analogie électrique dans le cas du régime stationnaire.	Définir la résistance thermique. Exploiter l'analogie lors d'un bilan thermique.
Loi de Newton.	Exploiter la loi de Newton fournie pour prendre en compte les échanges conducto-convectifs en régime stationnaire.

En **gras**, les points devant faire l'objet d'une approche expérimentale.

Chapitre 7 : Tables et diagrammes d'état

Extrait du programme officiel : partie 1 « Thermodynamique et mécanique des fluides », bloc 3 « Diagrammes d'état des fluides réels purs ».

Ces outils [les identités thermodynamiques] sont réinvestis dans le bloc 3 à l'occasion de l'étude des changements d'état des corps purs. On y exploite également les diagrammes et tables des fluides réels, afin d'habituer les étudiants à ne pas se limiter à des situations idéales (gaz parfait...).

Notions et contenus	Capacités exigibles
Notion de phase.	Définir et dénombrer les phases d'un système physico-chimique.
Enthalpie de changement d'état.	Citer des ordres de grandeur d'enthalpies massiques de vaporisation. Calculer l'énergie récupérable par transfert thermique lors de la condensation totale d'un fluide à pression constante.
Variations élémentaires d'enthalpie et d'entropie au cours d'un changement d'état isotherme.	Lier mathématiquement les variations élémentaires de l'enthalpie et de l'entropie à l'enthalpie de changement d'état.
Règle des moments.	Utiliser la règle des moments.
Diagrammes de Clapeyron (P, v), entropique (T, s), de Mollier (h, s) et des frigoristes ($\log P, h$).	Représenter, pour chaque diagramme, l'allure des courbes isothermes, isobares, isochores, isentropes, isenthalpes. Établir l'équation de ces courbes dans la limite du gaz parfait, dans la limite du liquide incompressible et indilatable. Exploiter un diagramme pour déterminer une grandeur physique.
Tables thermodynamiques.	Exploiter les tables thermodynamiques pour calculer des grandeurs physiques dans le domaine diphasique, ou pour prévoir l'état physique d'un fluide.

En **gras**, les points devant faire l'objet d'une approche expérimentale.

Chapitre 8 : Description des écoulements stationnaires

Extrait du programme officiel : partie 1 « Thermodynamique et mécanique des fluides », bloc 4 « Description d'un fluide en écoulement stationnaire dans une conduite ».

Le bloc 4 introduit le point de vue eulérien pour l'étude des écoulements. Il s'agit de décrire simplement un écoulement en identifiant des tubes de courant sur lesquels des bilans pourront ensuite être effectués. On pourra faire le lien avec la signification physique des opérateurs rotationnel et divergence introduits dans le cours d'électromagnétisme.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Grandeurs eulériennes. Régime stationnaire.	Décrire localement les propriétés thermodynamiques et mécaniques d'un fluide à l'aide des grandeurs intensives pertinentes.
Lignes et tubes de courant.	Associer le caractère a priori divergent ou rotationnel d'un écoulement à une carte de champ de vitesse fournie.
Débit massique.	Exprimer le débit massique en fonction de la vitesse d'écoulement. Exploiter la conservation du débit massique.
Débit volumique.	Justifier l'intérêt d'utiliser le débit volumique pour l'étude d'un fluide de volume massique constant et uniforme en écoulement.
Écoulements laminaires.	Approche documentaire : Relier la nature de l'écoulement à la valeur du nombre de Reynolds. Distinguer, sur un document, un écoulement laminaire d'un autre type d'écoulement.

En **gras**, les points devant faire l'objet d'une approche expérimentale.

Extrait du programme officiel : partie 1 « Thermodynamique et mécanique des fluides », bloc 5 « Énergétique des fluides en écoulement laminaire stationnaire dans une conduite ».

Notions et contenus	Capacités exigibles
Fluides parfaits.	Caractériser un fluide parfait par un profil de vitesse uniforme dans une même section droite.
Fluides newtoniens : notion de viscosité.	Citer des ordres de grandeur de viscosité dynamique de gaz et de liquides (dans le cadre des machines hydrauliques et thermiques, des lubrifiants, etc.). Relier l'expression de la force surfacique de cisaillement au profil de vitesse. Exploiter les conditions aux limites du champ de vitesse d'un fluide dans une conduite. Lier qualitativement l'irréversibilité d'un écoulement à la viscosité.

En **gras**, les points devant faire l'objet d'une approche expérimentale.

Révisions : Dosages

🚫🚫🚫 **Attention !** Le but n'est pas de réviser toute la chimie des solutions. On se concentrera davantage sur les bilans de matière dans les cas « moins simples » : nombres stœchiométriques différents, dosages indirects ou en retour, etc.

Et après ?

- ▷ Chapitre 9 : Bilans d'énergie des écoulements en conduite ;
- ▷ Chapitre 10 : Thermodynamique industrielle ;
- ▷ Révisions sur l'architecture de la matière (atomistique, Lewis, cristaux).

Bon courage à tous,
Étienne Thibierge.