

# Programme de Colle PSI

*Semaine 21 : du 18 au 22 mars*

En exercice : bilan sur les systèmes en écoulement et écoulement dans les conduites. Au moins un étudiant aura à réaliser un bilan d'énergie mécanique pour dimensionner une pompe ou pour évaluer la puissance disponible sur l'arbre d'une turbine. Au moins un étudiant aura à réaliser une détermination du coefficient de perte de charge sur un diagramme de Moody.

## 3. Bilans macroscopiques

Cette partie prolonge l'étude des machines thermiques réalisée en première année. Elle a pour objectif d'effectuer des bilans de grandeurs extensives thermodynamiques et mécaniques. Ces bilans sont illustrés sur des situations d'intérêt industriel (réacteur, éolienne, turbine, machines thermiques...). On définit également le modèle de l'écoulement parfait qui permet d'introduire la relation de Bernoulli. Si un bilan mécanique nécessite un changement de référentiel, on peut utiliser la loi de composition des vitesses fournie.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>3.1. Définition d'un système fermé pour les bilans macroscopiques</b>	
Système ouvert, système fermé.	Définir un système fermé approprié pour réaliser un bilan de grandeur extensive.
<b>3.2. Bilans d'énergie</b>	
Bilans thermodynamiques.	Exprimer les principes de la thermodynamique pour un écoulement stationnaire sous la forme : $\Delta h + \Delta e_c + \Delta(gz) = w_u + q$ ; $\Delta s = s_e + s_c$ Étudier des propriétés des machines thermodynamiques réelles à l'aide de diagrammes (P,h).
Modèle de l'écoulement parfait : adiabatique, réversible, non visqueux.	Utiliser le modèle de l'écoulement parfait pour un écoulement à haut Reynolds en dehors de la couche limite.
Relation de Bernoulli.	Citer et appliquer la relation de Bernoulli à un écoulement parfait, stationnaire, incompressible et homogène.
Effet Venturi.	Décrire l'effet Venturi.
Bilan macroscopique d'énergie mécanique.	Effectuer un bilan d'énergie sur une installation industrielle. Utiliser le fait admis que la puissance des actions intérieures est nulle pour un écoulement parfait et incompressible.
<b>3.3. Bilans de quantité de mouvement et de moment cinétique</b>	
Loi de la quantité de mouvement pour un système fermé.	Effectuer l'inventaire des forces extérieures. Effectuer un bilan de quantité de mouvement.
Loi du moment cinétique pour un système fermé.	Effectuer un bilan de moment cinétique.

<b>2.4.2. Actions de contact sur un fluide</b>	
Pression.	Identifier la force de pression comme étant une action normale à la surface. Utiliser l'équivalent volumique des actions de pression - <b>grad P</b> .
Éléments de statique des fluides.	Exprimer l'évolution de la pression avec l'altitude dans les cas d'un fluide incompressible et de l'atmosphère isotherme dans le modèle du gaz parfait.
Viscosité dynamique.	Relier l'expression de la force surfacique de viscosité au profil de vitesse dans le cas d'un écoulement parallèle. Citer l'ordre de grandeur de la viscosité de l'eau. Exploiter la condition d'adhérence à l'interface fluide-solide.
<b>2.4.3. Écoulement interne incompressible et homogène dans une conduite cylindrique</b>	
Écoulements laminaire, turbulent. Vitesse débitante.	Décrire les différents régimes d'écoulement (laminaire et turbulent). Relier le débit volumique à la vitesse débitante.
Nombre de Reynolds.	Décrire qualitativement les deux modes de transfert de quantité de mouvement : convection et diffusion. Interpréter le nombre de Reynolds comme le rapport d'un temps caractéristique de diffusion de quantité de mouvement sur un temps caractéristique de convection. Évaluer le nombre de Reynolds et l'utiliser pour caractériser le régime d'écoulement.
Chute de pression dans une conduite horizontale. Résistance hydraulique.	Dans le cas d'un écoulement à bas nombre de Reynolds, établir la loi de Hagen-Poiseuille et en déduire la résistance hydraulique. Exploiter le graphe de la chute de pression en fonction du nombre de Reynolds, pour un régime d'écoulement quelconque. Exploiter un paramétrage adimensionné permettant de transposer des résultats expérimentaux ou numériques sur des systèmes similaires réalisés à des échelles différentes.
<b>2.4.4. Écoulement externe incompressible et homogène autour d'un obstacle</b>	
Force de traînée subie par une sphère solide en mouvement rectiligne uniforme. Coefficient de traînée $C_x$ ; graphe de $C_x$ en fonction du nombre de Reynolds.	Associer une gamme de nombre de Reynolds à un modèle de traînée linéaire ou un modèle quadratique.
Notion de couche limite.	Pour les écoulements à grand nombre de Reynolds décrire qualitativement la notion de couche limite.
Forces de traînée et de portance d'une aile d'avion à haut Reynolds.	Définir et orienter les forces de portance et de traînée. Exploiter les graphes de $C_x$ et $C_z$ en fonction de l'angle d'incidence.

# I Questions de cours à choisir parmi celles-ci

## Bilans dans les fluides en écoulement

1. Après avoir modélisé la situation physique, déterminer par un bilan l'expression du terme de poussée de la fusée. En déduire l'expression de la vitesse de la fusée au cours du temps. On se placera à débit de masse constant et à accélération de pesanteur constante.
2. (question longue) En proposant un bilan de moment cinétique et un bilan d'énergie mécanique, déterminer l'équation différentielle qui régit la vitesse angulaire  $\omega$  d'une turbine Pelton de rayon  $a$  alimentée par de l'eau à la vitesse  $\vec{v}_1$  sous le débit  $\mathcal{D}_m$  et soumise au couple résistant constant  $-\Gamma$ . Résoudre cette équation différentielle en identifiant en particulier un temps caractéristique et une vitesse angulaire en régime permanent  $\omega_\infty$ .

Montrer qu'il existe un rayon optimal  $a$  de la turbine permettant d'optimiser la puissance mécanique disponible sur l'arbre. Quelle est alors la vitesse de sortie de l'eau. Commenter.

## Phénomènes dissipatifs dans les écoulements

1. Proposer une expression des forces volumiques de cisaillement. Vous ferez intervenir une constante  $\eta$  dont vous préciserez le nom, l'unité et les valeurs approximatives pour l'eau et l'air.
2. Déterminer le champ de pression et le champ de vitesse dans un écoulement de Poiseuille plan à travers deux plaques distantes de  $a$  (comprises entre  $-a/2$  et  $+a/2$ ), de longueur  $L$  dans la direction de l'écoulement et de longueur  $h \gg a$  dans la direction orthogonale à l'écoulement. On **ne** supposera **pas** la pesanteur négligeable.

Déterminer le débit volumique  $\mathcal{D}_v$  traversant le système. En déduire l'expression de la vitesse débitante.

## Écoulements en conduite cylindrique

1. Introduire qualitativement le régime laminaire et turbulent par un schéma explicite et l'utilisation de quelques mots clés.
2. Introduire le nombre de Reynolds comme le rapport de deux termes de transport de la quantité de mouvement. En évaluant le temps caractéristique propre à chacun de ces termes de transport, déterminer une expression du nombre de Reynolds en fonction des caractéristiques essentielles de l'écoulement. Pour quelle valeur de ce nombre estime-t-on que l'on passe du régime laminaire au régime turbulent ?

Evaluer le nombre de Reynolds associé aux écoulements dans les canalisations d'eau potable du lycée. Le régime est-il laminaire ou turbulent ?

Evaluer le nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement du fluide autour d'un camion circulant sur une autoroute. Le régime est-il laminaire ou turbulent ?

3. Déterminer le champ de pression et le champ de vitesse pour un écoulement de Poiseuille cylindrique au travers d'un tube horizontal de rayon  $R$  et de longueur  $L$ . On supposera négligeable les effets de la pesanteur.
4. Tout exercice d'application directe consistant à déterminer la perte de charge régulière dans un écoulement à partir du diagramme de Moody. La relation faisant le lien entre le coefficient de perte de charge et la perte de charge sera fournie.
5. Donner le bilan d'énergie mécanique pour un fluide en écoulement aussi appelé dans le cours "Bernoulli généralisé".

# Programme spécifique 5/2

Toute la partie chimie des solutions de SUP (en particulier oxydo-réduction et diagrammes E-pH). On insistera en particulier sur les exercices de dosage par titrage. Toute la partie thermochimie de SPE. Pas de questions de cours supplémentaires cette semaine.