

1 Mécanique des fluides.

1.1 Description d'un fluide en mouvement.

- Modèle continu d'un fluide ; modèle de la "particule de fluide".
- Descriptions lagrangienne et eulérienne des vitesses (aucun exercice ne peut porter sur la description lagrangienne). Champ eulérien des vitesses.
- Trajectoire d'une particule de fluide (notion lagrangienne).
- Lignes et tubes de courant (notions eulériennes), écoulement bidimensionnel, écoulement stationnaire.
- Vecteur tourbillon, écoulement irrotationnel.
- Interprétation physique du vecteur tourbillon.
- Étude d'exemples d'écoulements simples.
- Dérivée particulaire d'un champ eulérien. Calcul de l'accélération. Terme local ; terme convectif.
- Débits massiques et volumiques.
- Bilans de masse : équation locale de conservation de la masse (à 1D : à savoir démontrer ; à 3D : la démonstration a été donnée mais n'est pas exigible – l'équation doit toutefois être connue). Interprétation physique de la divergence du champ de vitesses.
- Dérivée particulaire de la masse volumique.
- Écoulements incompressibles : définition, caractérisation, importance pratique. Lien entre l'allure des lignes de courant et la norme de la vitesse.
- Écoulements irrotationnels (potentiels) ; potentiel des vitesses. Équation de Laplace dans le cas particulier d'un écoulement irrotationnel et incompressible.

1.2 Actions de contact dans un fluide en mouvement.

Ce qui concerne les forces de pression est au programme des révisions de PCSI ; voir ci-dessous.

- Viscosité newtonienne : contraintes tangentielles dans un écoulement $\vec{v} = v_x(y)\vec{u}_x$ au sein d'un fluide newtonien. Unité, dimension, ordres de grandeur.
- Équivalent volumique des forces de viscosité dans un écoulement incompressible (démonstration pour le cas $\vec{v} = v_x(y)\vec{u}_x$, expression admise dans le cas 3D).
- Conséquences physiques de la viscosité : continuité spatiale du champ de vitesses. Conditions aux limites (au contact d'un solide) pour un écoulement visqueux, pour un écoulement parfait.
- Observation des écoulements autour d'un corps solide (sphère ou cylindre) fixe dans un fluide dont le champ de vitesses est uniforme et constant au loin en aval, pour différentes vitesses relatives ; écoulements laminaires et turbulents. Généralisation à des corps d'autres formes. Les vortex de Von Karman ont été mentionnés pour le cas du cylindre.
- Observation dans le référentiel lié au fluide (au loin) ; le caractère stationnaire d'un écoulement dépend du référentiel.
- Nombre de Reynolds Re .
- La traînée (définition dans le cas général). La fonction $C_X(Re)$; son allure dans le cas d'une sphère. Cas des régimes laminaires (traînée linéaire, loi de Stokes) ; cas des régimes turbulents (traînée quadratique). Généralisation à des corps d'autres formes. La portance et le C_Z ont été mentionnés.

1.3 Équations dynamiques locales.

La relation de Bernoulli est seulement en question de cours cette semaine.

- Équation de Navier-Stokes pour l'écoulement incompressible d'un fluide newtonien dans un référentiel galiléen. Propriétés principales de cette équation ; non-linéarité du terme convectif, ce qui rend sa résolution, même numériquement, difficile. Le nombre de Reynolds apparaît comme le rapport en ordres de grandeur du terme convectif sur le terme diffusif.
- Équation d'Euler pour l'écoulement parfait d'un fluide dans un référentiel galiléen.
- Cas particulier de la statique des fluides.
- Notion de couche limite (dans le cas d'écoulements à haut nombre de Reynolds).
- Relation de Bernoulli pour un écoulement parfait stationnaire incompressible dans un champ de pesanteur uniforme dans un référentiel galiléen. Interprétation énergétique.

2 Rappels et compléments mathématiques.

- Les opérateurs rotationnel, divergence, gradient, laplacien scalaire et laplacien vectoriel. Leur expression doit être connue en coordonnées cartésiennes uniquement.
- “Vecteur” nabla comme moyen mnémotechnique en coordonnées cartésiennes.
- Le système de coordonnées cylindriques (r, θ, z) .
- Règles d’orientation d’une surface ouverte (conjointement avec son contour), et d’une surface fermée.
- Notation des intégrales doubles sur une surface ouverte ou une surface fermée.
- Formule de Green-Ostrogradski.
- $\operatorname{rot}(\overrightarrow{\operatorname{grad}} U) = \vec{0}$ et sa réciproque (à savoir qu’un champ irrotationnel est un gradient).
- $(\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v} = \overrightarrow{\operatorname{grad}} \frac{v^2}{2} + \operatorname{rot} \vec{v} \wedge \vec{v}$

3 Révisions de première année.

3.1 Thermodynamique.

- Échelles microscopique, mésoscopique et macroscopique. Libre parcours moyen.
- Vitesse quadratique moyenne.
- Température cinétique. Exemple du gaz parfait monoatomique $E_C = \frac{3}{2}kT$.

3.2 Statique des fluides.

- Forces surfaciques, forces volumiques.
- Ordres de grandeur pour les pressions.
- Statique dans le champ de pesanteur uniforme ; relation $\frac{dp}{dz} = -\rho g$.
- Facteur de Boltzmann.
- Résultante des forces de pression.
- Poussée d’Archimède.
- Équivalent volumique des forces de pression.
- Équation locale de la statique des fluides.

3.3 Électricité – Électronique

Est au programme de cette semaine tout ce qui concerne l’électricité/électronique dans le programme de PCSI. La liste qui suit reprend seulement le titre des différents blocs. Voir le programme officiel.

- Circuits électriques dans l’ARQS.
- Circuit linéaire du premier ordre.
- Oscillateurs amortis (oscillateurs électriques seulement).
- Filtrage linéaire.