

# MECANIQUE DES FLUIDES

## Capacités exigibles à rédiger

### 1. Introduction à la mécanique des fluides

- (1) Définir la particule de fluide comme un système mésoscopique de masse constante. Distinguer vitesse microscopique et vitesse mésoscopique : définir le champ eulérien des vitesses  $\vec{v}$ . Associer la dérivée particulaire du vecteur vitesse à l'accélération de la particule de fluide qui passe en un point. Citer et utiliser l'expression de l'accélération avec le terme convectif sous la forme  $(\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}})\vec{v}$ .
- (2) Définir le débit de masse et l'écrire comme le flux du vecteur  $\mu\vec{v}$  à travers une surface orientée. Écrire les équations bilans, globale ou locale, traduisant la conservation de la masse. Définir un écoulement stationnaire et les notions de ligne de courant et de tube de courant de masse. Exploiter la conservation du débit de masse.
- (3) Définir un écoulement incompressible et homogène par un champ de masse volumique constant et uniforme. Relier cette propriété à la conservation du volume pour un système fermé. Écrire la condition locale sur le champ de vitesse  $\vec{v}$  traduisant l'incompressibilité d'un écoulement. Définir le débit de volume et l'écrire comme le flux de  $\vec{v}$  à travers une surface orientée. Justifier la conservation du débit de volume le long d'un tube de courant indéformable.
- (4) Exprimer l'équivalent volumique des forces de pression à l'aide d'un gradient. Établir l'équation locale de la statique des fluides.
- (5) 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. S'appuyer sur la loi d'évolution de la densité moléculaire de l'air dans le cas de l'atmosphère isotherme pour illustrer la signification du facteur de Boltzmann.
- (6) Relier l'expression de la force surfacique de viscosité au profil de vitesse dans le cas d'un écoulement parallèle. Exprimer la dimension du coefficient de viscosité dynamique. Citer l'ordre de grandeur de la viscosité de l'eau. Citer la condition d'adhérence à l'interface fluide-solide.
- (7) 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.

## 2. Ecoulements internes et externes

- (8) Ecoulements internes : décrire les différents régimes d'écoulement (laminaire et turbulent). Evaluer le nombre de Reynolds et l'utiliser pour caractériser le régime d'écoulement. Relier le débit volumique à la vitesse débitante.
- (9) Dans le cas d'un écoulement interne à bas nombre de Reynolds, établir la loi de Hagen-Poiseuille et en déduire la résistance hydraulique.
- (10) Ecoulement externe autour d'une sphère : représenter l'allure du graphe de  $\log(C_x) = f(\log(\text{Re}))$  et associer une gamme de nombre de Reynolds à un modèle de traînée linéaire ou quadratique.
- (11) Pour les écoulements à grand nombre de Reynolds décrire qualitativement la notion de couche limite. Pour un écoulement externe autour d'une aile 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.

## 3. Bilans macroscopiques

- (12) Énoncer et exploiter les principes de la thermodynamique pour une transformation élémentaire. Utiliser avec rigueur les notations  $d$  et  $\delta$  en leur attachant une signification.
- (13) À partir d'une surface de contrôle ouverte vis-à-vis des échanges, définir un système fermé approprié pour réaliser un bilan de grandeur extensive. Démontrer et exprimer les principes de la thermodynamique pour un écoulement stationnaire en vue de l'étude d'une machine thermique sous la forme :  $\Delta h + \Delta e_c + \Delta(gz) = w_u + q$  ;  $\Delta s = s_e + s_c$ .
- (14) Définir et utiliser le modèle de l'écoulement parfait pour un écoulement à haut Reynolds en dehors de la couche limite. Démontrer, énoncer et appliquer la relation de Bernoulli à un écoulement parfait, stationnaire, incompressible et homogène. Décrire l'effet Venturi.
- (15) Effectuer un bilan d'énergie sur une installation industrielle : pompe ou turbine. Utiliser le fait admis que la puissance des actions intérieures est nulle pour un écoulement parfait et incompressible.
- (16) Effectuer un bilan de quantité de mouvement sur un exemple au choix.
- (17) Effectuer un bilan de moment cinétique pour une turbine.