

Questions de cours :

1. Donnez la définition (physique) d'un corps pur fluide et la définition (mécanique) d'un matériau fluide. Donnez trois exemples de matériaux qui ne sont pas des corps purs fluides mais se comportent mécaniquement comme des fluides.
2. Qu'appelle-t-on l'approche "milieu continu" ? Dans quelles circonstances est-elle justifiée ?
3. Énoncez le théorème "II" de l'analyse dimensionnelle.
4. Expliquez le principe de similitude permettant d'estimer les forces exercées sur un véhicule à partir d'une expérience.

Exercices de cours :

1. Par la méthode de l'analyse dimensionnelle, montrez que la période d'un pendule lâché avec une inclinaison initiale θ_0 vaut : $T = \sqrt{\frac{L}{g}} f(\theta_0)$.
2. Estimation de la force exercée sur une aile de libellule (partiel 2022).

Questions de cours :

1. Quelle est la signification microscopique de la pression et de la température dans un gaz ?
2. Justifiez "avec les mains" que la pression dans un gaz est proportionnelle à la masse volumique et à la température (comme indiqué par la loi d'état $P = \rho r T$ d'un gaz parfait).
3. Énoncez la loi de l'hydrostatique reliant le gradient de pression et l'accélération de gravité dans un fluide au repos. Expliquez (en une phrase, sans donner d'équations) le principe de la démonstration.
4. Énoncez le théorème d'Archimède et démontrez-le par la méthode de votre choix.
5. Discutez les conditions d'équilibre d'un sous-marin. Montrez en illustrant par des schémas que l'équilibre est stable si G est situé en dessous de C .
6. Cette conclusion est-elle la même dans le cas d'un bateau ? Pourquoi ? illustrez également par des schémas.

Exercices de cours :

1. Donnez la loi de pression $p(z)$ dans une atmosphère isotherme.
2. Montrez que la résultante de pression exercée sur un barrage rectangulaire de hauteur H et largeur L vaut $\rho g L H^2 / 2$, et que le centre de poussée C est situé à l'altitude $H/3$ par rapport au fond.

Questions de cours :

1. Quels sont, dans un gaz, les mécanismes physiques microscopiques responsables du phénomène de viscosité ?
2. Même question pour un liquide.
3. Qu'appelle-t-on un fluide Newtonien ?
4. Quelles sont les principales classes de fluides Non newtoniens ? Représentez schématiquement les lois rhéologiques correspondantes. Donnez un exemple de chaque type et expliquez quels mécanismes physiques sont à l'origine du comportement mécanique observé.
5. Montrez par un bilan de forces sur un volume élémentaire qu'un écoulement parallèle stationnaire de la forme $\vec{u} = u(y)\vec{e}_x$ obéit à l'équation :

$$\underbrace{\rho g_x - \left[\frac{\partial p}{\partial x} \right]}_{=Cte} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0.$$

Exercices de cours :

1. Ecoulement de Poiseuille plan.
2. Ecoulement de film tombant. (voir aussi chapitre 5)

Questions de cours :

1. Ecrire l'équation de continuité dans un fluide incompressible et expliquer avec les mains son interprétation.
2. Démontrez par la méthode de votre choix l'équation de Navier-Stokes.
3. Discuter les conditions limites vérifiées par un écoulement de fluide visqueux sur une paroi solide puis sur une surface libre.
4. Qu'est-ce que la "pression étoilée" p^* , quelle est son interprétation physique, et quelle est son utilité ?

Exercices de cours :

1. Par analyse dimensionnelle du premier problème de Stokes, montrez que la force de frottement suit une loi de la forme $F_x(t) \approx \rho S U \sqrt{\nu/t}$; puis que l'épaisseur de la couche fluide mise en mouvement suit une loi d'évolution de la forme $\delta(t) \approx \sqrt{\nu t}$.
2. Par analyse dimensionnelle du premier problème de Stokes, montrez que la force de frottement suit une loi de la forme $F_x(t) \approx \rho S U \sqrt{\nu/t}$; puis que l'épaisseur de la couche fluide mise en mouvement suit une loi d'évolution de la forme $\delta(t) \approx \sqrt{\nu t}$.
3. Ecoulements pulsés en conduite ; résolution des cas limites $St \ll 1$ et $St \gg 1$.

Questions de cours :

1. Sous quelles hypothèses le régime d'écoulement de Stokes est-il justifié ? Comment les équations de Navier-Stokes se simplifient-elles dans ce cas ?
2. Quelles sont les principales propriétés des écoulements de Stokes ?
3. Sous quelles hypothèses le régime d' "écoulement de film mince" est-il justifié ? Comment les équations de Navier-Stokes se simplifient-elles dans ce cas ?
4. Estimez, par analogie avec le premier problème de Stokes, l'épaisseur caractéristique $\delta(x)$ d'une couche limite laminaire.

Exercices de cours :

1. Par analyse dimensionnelle, estimez la force de frottement sur une particule sphérique dans le régime de Stokes.
2. En déduire une estimation de la vitesse de chute libre d'une gouttelette d'eau.
3. Drainage d'un film sur une paroi verticale (exercice 5.4).

Questions de cours :

1. Quels sont les 3 régimes d'écoulements observés dans une canalisation rectiligne ? Quel paramètre permet de caractériser ces régimes ?
2. Définir la notion de perte de charge.
3. Qu'appelle-t-on une perte de charge régulière et singulière ?
4. Qu'est-ce que le diagramme de Moody et quelle est son utilité ?
5. Décrivez succinctement les trois régimes d'écoulement d'une couche limite le long d'une plaque plane.

Exercices de cours :

1. Montrez que le coefficient de perte de charge régulière d'un écoulement laminaire dans une conduite cylindrique (solution de Poiseuille) vaut $\lambda = 64/Re$.
2. Dimensionnement d'un circulateur solaire.

Questions de cours :

1. Démontrez l'expression en variables eulériennes de la *dérivée particulière* dF/dt d'une quantité physique F .
2. Démontrez l'expression en variables eulériennes de l' *accélération* $\vec{a}$ dans un fluide.
3. Quelle est l'interprétation physique de la divergence du champ de vitesse ?
4. Quelle est l'interprétation physique du rotationnel du champ de vitesse ?
5. Définir les notions de *lignes de courant* et de *trajectoires*. Dans quels cas ces concepts sont-ils équivalents ?
(NB le calcul des lignes d'émission n'est pas au programme).
6. Sous quelles hypothèses peut-on décrire un écoulement à partir d'un fonction de courant ψ ?
Discutez les principales propriétés mathématiques de la fonction ψ .

Exercices de cours :

1. Écoulement hyperbolique (cf. exercice 7.0, $a = 0$, $b = 1$, $c = 1$, $d = 0$).
2. Écoulement instationnaire périodique (cf. exercice 7.2).

Questions de cours :

1. Énoncez le théorème du transport, donnez une démonstration de votre choix, et expliquez son utilité.
2. Par analyse dimensionnelle de l'équation de Navier-Stokes, donnez la jauge p_1 des variations de pression dans le régime d'écoulement inertiel.
3. Par analyse dimensionnelle de l'équation de continuité, justifiez que si $M \ll 1$ un gaz se comporte comme un fluide incompressible.

Exercices de cours :

En précisant toutes les formules d'analyse vectorielle et tensorielle issues du formulaire nécessaires aux démonstrations :

1. Établir le bilan intégral de masse sur un volume de contrôle fixe (formulaire, section C.1, relation C.3).
2. En déduire le bilan local de masse, également appelé équation de continuité (formulaire, section C.1, relation C.1).
3. Établir le bilan intégral de quantité de mouvement sur un volume de contrôle fixe (formulaire, section C.2, relation C.6),
4. En déduire le bilan local de quantité de mouvement sous forme conservative (formulaire, section C.2, relation C.5), DANS LE CAS GÉNÉRAL D'UN FLUIDE COMPRESSIBLE. (on pourra ne pas tenir compte du terme en gris).
5. Déduire de celle-ci l'équation de Navier-Stokes sous sa forme habituelle (formulaire, section C.2, relation C.4).

NB il n'est pas demandé d'apprendre par cœur toutes les formes des équations-bilan !

Questions de cours :

1. Que signifie l'approximation du "fluide parfait" et dans quelles circonstances est-elle justifiée ?
2. Etablir le bilan local d'énergie cinétique dans le cas général.
3. En déduire le premier théorème de Bernoulli. Précisez les hypothèses de validité de ce dernier et précisez à quel étape de la démonstration apparaissent chacune de celles-ci.
4. Qu'est ce que la "relation de Coanda" ? Expliquez en quelques mots le principe de sa démonstration. Quelles en sont les principales conséquences ?
5. Justifiez pourquoi, dans la zone de recirculation derrière un obstacle non profilé (cylindre par exemple), la pression est approximativement constante et égale à la pression "loin de l'objet".
6. Démontrez le théorème d'Euler.

Exercices de cours :

1. Expliquez le principe de fonctionnement d'un *tube de pitot* (avec une figure), et montrez que celui-ci permet, à partir d'une mesure de pression différentielle, de déduire la vitesse d'un écoulement.
2. Expliquez le principe de fonctionnement d'un *tube de venturi* (avec une figure), et montrez que celui-ci permet, à partir d'une mesure de hauteur d'eau dans des tubes, de déduire le débit massique d'un liquide dans une conduite.
3. Perte de charge singulière pour un élargissement brusque (exercice préparatoire 9.0)
4. Force exercée sur un auget (cf. TP).

Questions de cours :

1. Sous quelles hypothèses peut-on décrire un écoulement à partir d'un potentiel Φ ? Discutez les principales propriétés mathématiques de la fonction Φ .
2. Expliquez pourquoi, dans les écoulements autour d'obstacles à grand nombre de Reynolds, la vorticité reste confinée dans les zones de "couche limite" (voisinage des parois) et dans les zones de sillage.
3. En déduire que le modèle "Ecoulement potentiel" décrit bien les écoulements en dehors de ces zones.
4. Énoncez et démontrez le second théorème de Bernoulli.

Exercices de cours :

1. Donnez l'expression de l'écoulement potentiel symétrique autour d'un cylindre, et montrez que dans le modèle "fluide parfait potentiel" la force exercée sur le cylindre est nulle (Paradoxe de d'Alembert).
2. Démonstration du théorème de Kutta-Joukowski : montrez que la force de portance associée à un écoulement potentiel "solution composite" de circulation Γ et vitesse U_0 vaut $F_y = -\rho \Gamma U_0$.

Questions de cours :

1. Après avoir précisé les hypothèses de la modélisation, établir l'équation de Helmholtz gouvernant la propagation des ondes acoustiques.
2. Donnez la solution générale de cette équation pour les ondes monodimensionnelles.
3. Donnez la solution de cette équation représentant l'onde sphérique générée par une source compacte.
4. A l'aide de bilans intégraux sur un volume élémentaire convenablement défini, écrire 4 relations de saut permettant de calculer les quantités à l'aval du choc (u_2, p_2, T_2, ρ_2) en fonction des quantités à l'amont du choc (u_1, p_1, T_1, ρ_1) .

Exercices de cours :

1. Réflexion d'une onde plane sur une extrémité ouverte ou fermée.
2. Haut-parleur sphérique.

Questions de cours :

1. A partir d'un bilan intégral d'énergie, montrez que l'enthalpie totale $h + \frac{u^2}{2}$ est conservée dans un écoulement compressible stationnaire monodimensionnel.
2. En déduire la première relation de Saint-Venant.
3. Après avoir justifié que l'écoulement est isentropique, en déduire les seconde et troisième relations de Saint Venant.
4. Ecrire sous forme différentielle les bilans de masse, quantité de mouvement et énergie massique pour un écoulement compressible monodimensionnel.
5. A partir de celles-ci, démontrez les relations d'Hugoniot et discutez leur conséquence sur le fonctionnement d'une tuyère.
6. Décrire les différents régimes de fonctionnement d'une tuyère selon les valeurs du rapport de détente p_i/p_{ext} .

Exercices de cours :

1. Ecoulement dans une tuyère (Chassaing, p. 249).