PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 10/01 au 15/01

M7 - Ondes sur une corde

Tout exercice sur le sujet.

MF1 - Statique des fluides (cours + exercices)

– Les différentes échelles d'approches : échelle macroscopique, microscopique, mésoscopique.
– Savoir évaluer l'ordre de grandeur de la distance interatomique dans un liquide et dans un gaz.
– Connaître l'ordre de grandeur des dimensions d'un volume mésoscopique dans un liquide et dans un gaz.
– Équivalent volumique des forces de pression. On calcule la résultante des forces de pression s'exerçant sur une particule fluide de forme parallélépipédique :

$$\mathrm{d}\vec{F} = -\overrightarrow{\mathrm{grad}}\, P \,\mathrm{d}V$$

avec $\overrightarrow{\mathrm{grad}}\, P = \dfrac{\partial P}{\partial x}\vec{u}_x + \dfrac{\partial P}{\partial y}\vec{u}_y + \dfrac{\partial P}{\partial z}\vec{u}_z$.
– Retenir : $\overrightarrow{\mathrm{grad}}\, P$ est perpendiculaire aux surfaces isobares et est orienté vers les valeurs de pression croissantes. Par définition de l'opérateur gradient :

$$\mathrm{d}P = \overrightarrow{\mathrm{grad}}\, P.\mathrm{d}\overrightarrow{OM}$$

– Loi de la statique des fluides. La condition d'équilibre d'un volume mésoscopique placé dans un champ de pesanteur $\vec{g}$ dans un référentiel galiléen donne :

$$\overrightarrow{\mathrm{grad}} P = \rho\,\vec{g}$$

– Champ de pression dans un fluide incompressible ($\rho = cte$) : applicable dans les liquides.
– Champ de pression dans un fluide compressible : calcul du champ de pression dans une atmosphère isotherme. Calcul de la hauteur H caractéristique.
– Intégrales surfaciques : connaître les expressions des éléments de surface dS dans les différents systèmes de coordonnées. Calcul de la résultante des forces de pression sur un mur de barrage plan. Expérience des hémisphères de Magdebourg.
– Poussée d'Archimède.

Description d'un fluide statique	
Échelle mésoscopique	Définir et connaître des ordres de grandeurs des dimensions de l'échelle mésoscopique dans le cas des liquides et des gaz.
Pression dans un fluide Forces surfaciques, forces volumiques	Citer des ordres de grandeur de la pression. Distinguer les forces de pressions des forces de pesanteur.
Champ de pression Relation de la statique des fluides	Donner l'expression de la résultante des forces pressantes s'exerçant sur un volume élémentaire de fluide. Énoncer et établir la relation de la statique des fluides dans le cas d'un fluide soumis uniquement à la pesanteur. Exprimer l'évolution de la pression avec l'altitude dans le cas d'un fluide incompressible et pour l'atmosphère isotherme dans le cadre du modèle du gaz parfait.

MF2 - Description d'un fluide en écoulement (cours + exercices)

– Description lagrangienne, description eulérienne.
– Champ eulérien de vitesse. Ligne de courant. Tube de courant.
– Écoulement stationnaire, dans un référentiel donné.
– Débit volumique, débit massique à travers une surface Σ :

$$D_v = \iint_\Sigma \vec{v}.\mathrm{d}\vec{S} \qquad D_m = \iint_\Sigma \vec{j}.\mathrm{d}\vec{S}$$

avec $\vec{j} = \rho\vec{v}$ le vecteur densité de flux de masse.
Cas particulier d'un écoulement 1D où $\vec{v}$ est uniforme dans toute une section de conduite S et perpendiculaire à cette section

$$D_v = Sv \qquad D_m = jS = \rho Sv = \rho D_v$$

– Flux d'un champ vectoriel à travers une surface. Théorème d'Ostrogradski. Définition de la divergence.
– Bilan de matière **en régime stationnaire**. Savoir établir à l'aide du théorème d'Ostrogradski que

$$\mathrm{div}\,\vec{j} = 0$$

$\vec{j}$ est à flux conservatif : le débit massique D_m est constant à travers toute section d'un tube de courant.
– Pour un écoulement stationnaire de champ de masse volumique ρ uniforme

$$\mathrm{div}\,\vec{v} = 0$$

dans ce cas le débit volumique D_v est le même à travers toute section d'un tube de courant et $D_m = \rho D_v$.
– Observation du champ vectoriel des vitesses d'un solide en rotation. En utilisant un formulaire on calcule le rotationnel de ce champ et on constate que $\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{v} = 2\vec{\Omega}$ avec $\vec{\Omega}$ le vecteur rotation du solide.
– Définition du vecteur tourbillon (ou vorticité) :

$$\vec{\Omega} = \frac{1}{2}\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{v}$$

Ce vecteur traduit localement la rotation des particules fluides.
– Circulation d'un champ vectoriel. Théorème de Stokes

– Écoulement irrotationnel. On déduit du théorème de Stokes qu'un écoulement irrotationnel est à circulation conservative : la circulation de la vitesse sur un contour fermé est nulle. On peut alors poser $\vec{v} = \overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\varphi$.
– Interprétation locale de $\mathrm{div}\,\vec{v}$: la divergence de la vitesse représente le taux de dilatation d'une particule fluide.
– Visualisation de quelques écoulements
– Connaître les expressions de la divergence et du rotationnel en coordonnées cartésiennes (en s'aidant de l'opérateur nabla).

Description d'un fluide en écoulement en régime stationnaire	
Grandeurs eulériennes Champ de vitesse Ligne de courant, tube de courant Régime stationnaire	Décrire les propriétés thermodynamiques et mécaniques d'un fluide à l'aide des grandeurs locales pertinentes. Évaluer le caractère divergent ou rotationnel d'un écoulement uniforme, à symétrie sphérique, à symétrie axiale (radiale ou orthoradiale) en connaissant l'expression du champ des vitesses.
Débit volumique et débit massique	Exprimer les débits volumique et massique. Définir le vecteur densité de flux de masse.
Écoulement stationnaire dont le champ des masses volumiques est uniforme	Établir un bilan local et global de matière en régime stationnaire. Établir qu'en régime stationnaire le champ des vitesses est à flux conservatif. Connaître les propriétés d'un écoulement pour lequel le champ des vitesses est à flux conservatif.
Écoulement stationnaire et irrotationnel	Connaître les propriétés d'un écoulement pour lequel le champ des vitesses est à circulation conservative.

MF3 - Bilan énergétique de l'écoulement d'un fluide parfait (cours + exercices simples)

– Notion de viscosité : exemple de l'écoulement de Couette plan.

> Un écoulement est parfait lorsque
> – la viscosité est nulle
> – il n'y a pas de transfert thermique
>
> On peut alors considérer que chaque particule fluide évolue de manière adiabatique réversible.

– Théorème de Bernoulli : démonstration à partir de l'expression du premier principe appliqué au systèmes ouverts.

> Pour un écoulement parfait, stationnaire, homogène ($\rho = cte$ dans tout le fluide), on peut écrire, en l'absence de pièces mobiles (turbines, pompes), le long d'une ligne de courant
>
> $$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = C(\mathcal{L})$$
>
> avec $C(\mathcal{L})$ une constante attachée à la ligne de courant considérée.

– Une propriété utile : si on considère un écoulement parfait, stationnaire, homogène ($\rho = cte$) dont les lignes de courant sont suivant une direction horizontale $\vec{u}_x$, on retrouve la loi de la statique des fluides dans chaque plan perpendiculaire à la direction de l'écoulement.
– Conséquence du théorème de Bernoulli : effet Venturi. Applications : vaporisateur, trompe à eau.
– Mesure d'un débit avec un tube de Venturi
– Mesure d'une vitesse avec un tube de Pitot
– Effet Magnus
– Vidange d'un récipient : formule de Toricelli.