

Isabelle Bricaud : [i.bricaud@yahoo.fr](mailto:i.bricaud@yahoo.fr)Benoît Malet : [maletbenoit@yahoo.fr](mailto:maletbenoit@yahoo.fr)Pierre Salles : [lycee.salles@laposte.net](mailto:lycee.salles@laposte.net)Valérie Hoornaert : [vhoornaert@gmail.com](mailto:vhoornaert@gmail.com)Pascal Olive : [psi1montaigne@gmail.com](mailto:psi1montaigne@gmail.com)François Lelong : [psi2phch@gmail.com](mailto:psi2phch@gmail.com)Jérôme Fanjeaux : [jerome.fanjeaux@free.fr](mailto:jerome.fanjeaux@free.fr)**PSI2. PHYSIQUE. Semaine de colle 18, du lundi 23 au vendredi 27 février 2026.****Mécanique des fluides.****Semaine précédente rappelée en page suivante.****Plus :****Bilans macroscopiques des fluides en écoulement.**

Nécessité de créer un système fermé. Exemple du moteur fusée, obtention de la force de poussée par calcul complet ou analyse dimensionnelle.

Fluide incompressible en écoulement stationnaire : création du système fermé , bilan de masse, de quantité de mouvement, d'énergie cinétique.

Les formules  $\frac{d\vec{p}}{dt} = D_m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$  et  $\frac{dE_c}{dt} = \frac{D_m}{2}(v_2^2 - v_1^2)$  doivent être connues et éventuellement redémontées.

Ecriture de PFD et du TEC (nécessité d'un fluide incompressible à cause des forces intérieures). Exemple de la force de pression uniforme qui est nulle.

Théorème de Bernoulli sur une ligne de courant d'un fluide incompressible en écoulement stationnaire :

$$P + \frac{\mu}{2} v^2 + \mu g z = Cte \text{ à connaître absolument}$$

Interprétation énergétique, exemple de l'hydroélectricité.

Effet Venturi : les zones de HP sont les zones de basses vitesses et réciproquement. Application à la météo.

Etude du moteur fusée.

Clepsydre, théorème de Toricelli et éolienne à maîtriser.

Semaine précédente.Statique de fluides.

Pression cinétique, force de pression volumique  $\vec{F}_v = -\overrightarrow{\text{grad}}(\mathbf{P})$ , poussée d'Archimède et applications (flottaison iceberg, ballon à air chaud ou He), loi de l'hydrostatique  $\mu \vec{g} = \overrightarrow{\text{grad}}(\mathbf{P})$ : cas particulier des liquides (loi linéaire si incompressibles) et des gaz ( compressibles donc hypothèses supplémentaires nécessaires). Exemple de l'atmosphère isotherme à savoir faire en exercice.

Fluides en écoulement.

Définition d'une particule de fluide, de sa trajectoire. Une photographie du mouvement du fluide définit les lignes de courant. Notions d'écoulements laminaire, stationnaire, turbulent.

Pour un écoulement stationnaire, lignes de champ et trajectoires coïncident.

Conservation de la matière.

Notion de dérivée particulaire.  $\vec{a} = \left( \frac{D\vec{v}}{Dt} \right) = \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\nabla}) \vec{v}$  terme d'accélération convective.

L'application du PFD donne l'équation d'Euler :  $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}) \vec{v} = -\frac{1}{\mu} \overrightarrow{\text{grad}}(\mathbf{P}) + \vec{g}$

A titre indicatif, équation d'Euler et présence d'un terme non-linéaire (accélération convective) source de nombreux problèmes de calcul. Notion de structure chaotique.

Ondes sonores ou de pression.

La compressibilité du fluide est prise en compte donc une approche thermodynamique est obligatoire.

Approximation acoustique : le champ de pesanteur n'est pas pris en compte, calcul limité à l'ordre 1, évolution isentropique.

L'équation d'Euler, la conservation de la matière et  $S=Cte \rightarrow$  la surpression  $p$  obéit à l'équation d'onde avec la vitesse

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \chi_S}}. \text{Exemple du gaz parfait } c = \sqrt{\frac{\gamma R T_0}{M}} = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\mu_0}}$$

Expérimentalement, l'hypothèse acoustique est validée et montre que l'écart à l'équilibre est très faible du fait de la quasi-réversibilité.

Pour la relation entre la surpression et la vitesse, utiliser le PFD ou Euler sous la forme :

$$\mu_0 \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -\overrightarrow{\text{grad}}(\mathbf{P})$$

Cas particulier de l'OPPH. L'onde de pression est longitudinale. surpression  $p_1$  et vitesse  $u_1$  sont en phase. Définition de l'impédance acoustique  $Z=\mu_0 c$  telle que :  $p_1 = \pm Z u_1$  selon OPPH±.

Obtention de l'énergie mécanique volumique  $e = \frac{1}{2} \mu_0 v^2 + \frac{1}{2} \chi_S p^2$  par analogie avec le câble coaxial. Loi de conservation de l'énergie :  $\frac{\partial e}{\partial t} + \text{div}(\vec{I}) = 0$ .

vecteur densité de courant d'énergie :  $\vec{I} = p_1 \vec{u}_1 = p_1 u_1 \vec{e}_x$ , intensité sonore  $I = \langle \vec{I} \cdot \vec{e}_x \rangle$  en  $\text{W.m}^{-2}$ .

Seuls d'audition ( $10^{-12} \text{W.m}^{-2}$ ) et de douleur ( $1 \text{W.m}^{-2}$ ) pour l'oreille. Intensité en dB.

Vérification numérique du très faible écart à la position d'équilibre et justification de l'hypothèse réversible.

Réflexion-transmission d'une onde sonore en incidence normale. Cas particulier air-eau. Application à l'échographie.