Fluide
TD 2 : Les fluides au repos - la poussée d'Archimède - réponses

1 Les savoir-faire

Savoir utiliser la poussée d'archimède

Exercice 1 : Poussée d'Archimède 1

1. $\vec{F} = -\rho V_{fluide}\vec{g}$

Un cylindre de section S, de hauteur $h = 2\,\mathrm{m}$ et de densité $0,8$ est plongé dans l'eau.

1. Équilibre instable car le point d'application du poids est supérieur au point d'application de la poussée d'Archimède.
2. La partie immergée a pour expression $h_i = 0,8h$ donc $h_e = 40\,\mathrm{cm}$.

Exercice 2 : Poussée d'Archimède 2

1. $\rho = \frac{\rho_{eau}}{2}$.

Exercice 3 : Objet immergé

1. $T = mg = 0,75\rho_{eau}\pi R^2 h = 5{,}9\,\mathrm{N}$.
2. $x = 0,75h = 7{,}5\,\mathrm{cm}$.
3. Graphe

Savoir expliquer le mécanisme de convection

Exercice 4 : Brise de mer

1. $F = gV(\rho_{fluide} - \rho_{corps})$. Le corps s'élève si la flottabilité est positive.
2. La liaison hydrogène entre les molécules d'eau implique que la capacité thermique de l'eau est plus élevé que la capacité thermique de la terre. Le sol chauffe donc plus que l'eau en été. L'air chaud au dessus de la côte s'élève par convection et il est remplacé par de l'air qui provient de la mer ce qui donne naissance à une brise de mer.
3. L'air chaud qui monte au-dessus de la côte se détend de manière adiabatique et refroidit. La vapeur d'eau se condense pour donner naissance à des petits cumulus.

2 La mise en œuvre

Exercice 5 : Poussée d'Archimède 3

1. A l'équilibre, on a $\rho\frac{4}{3}\pi(R_{ext}^3 - R_{int}^3) = \rho_{eau}V_{immerge}$ d'où $V_{immerge} = 6 \times 10^{-4}\,\text{m}^3$.

Exercice 6 : Objet immergé 1

1. $T = 20\,\text{N}$.

Exercice 7 : Supertanker

1. $m = 608\,350\,\text{t}$.
2. On applique le principe d'inertie pour obtenir $gV\rho_{fluide} = mg$ soit $h = \frac{m}{S\rho_{fluide}} = 23{,}4\,\text{m}$.
3. Les valeurs sont différentes de la valeur trouvée précédemment car nous avons pris un parallélépipède rectangle pour modéliser notre bateau. Nous avons $\rho_{fluide} = \frac{m}{Sh}$. Donc $\Delta\rho = \frac{m}{S}\left(\frac{1}{h_1} - \frac{1}{h_2}\right) = 18\,\text{kg}\,\text{m}^{-3}$.

Exercice 8 : Objet immergé 2

1. $S_1h - S_2x = S_1h_0$.
2. $\Delta F = \rho g(h - h0)S_1 = \rho g S_2 x$.

Exercice 9 : Objet immergé 3

1. Les forces qui s'appliquent sur l'objet sont le poids, la tension du fil et la poussée d'Archimède.
2. Les forces qui s'appliquent sur le système {bécher+objet} sont le poids (poids de l'eau et poids de l'objet), la réaction du support et la tension du fil.
3. Le principe d'inertie appliqué au système {bloc} montre que la tension dans le fil est égale à $T = P_{bloc} - F_A$ où F_A est la poussée d'Archimède qu'exerce le fluide sur le bloc. Le principe d'inertie appliqué au système {bloc+bécher} s'écrit $R_N + T - P_{\text{eau}} - P_{\text{bloc}} = 0$. Nous obtenons donc, en remplaçant T par son expression, $R_N = P_{\text{eau}} + F_A$. La masse supplémentaire indiquée par la balance correspond donc à la masse de fluide déplacé par l'objet immergé.
4. Elle diminue.

Exercice 10 : La glace et l'eau

1. La figure 1 montre le graphe de la masse volumique de l'eau en fonction de la température. On observe un pic de masse volumique à 4 °C. L'eau plus froide adopte une structure moins compacte alors que nous pourrions imaginer que la diminution de l'agitation thermique favorise une structure compacte.

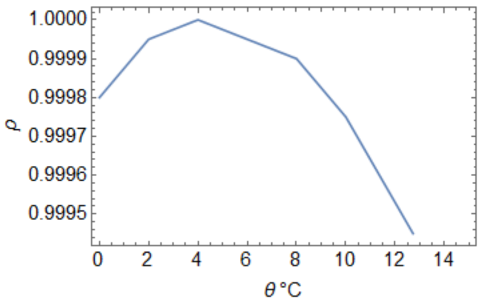

FIGURE 1 – Masse volumique de l'eau en fonction de la température.

2. L'eau à 0 °C est moins dense que l'eau a 4 °C. L'eau est donc plus chaude sous la surface en hivers.

Exercice 11 : Oscillations verticales d'un objet flottant dans l'eau

1. Le point d'application du poids est le centre de gravité du cylindre. Le point d'application de la poussée d'Archimède est le centre de gravité du fluide déplacé. La poussée d'Archimède est orientée vers le haut. Le poids est orienté vers le bas.
2. Le principe d'inertie s'écrit $\vec{P}+\vec{P}_A = \vec{0}$ soit $m\vec{g}-\rho_{eau}Sh_{eq}\vec{g} = \vec{0}$ où Sh_{eq} est le volume d'eau déplacé. La projection de la relation précédente sur un axe vertical donne $mg-\rho_{eau}Sh_{eq}g = 0$ soit $h_{eq} = \frac{m}{\rho_{eau}S}$. On trouve $h_{eq} = 16{,}7\,\text{cm}$.
3. $\frac{d^2H(t)}{dt^2} + \frac{g}{h_{eq}}H(t) = 0$.
4. $H(t) = H_0\cos(\omega_0 t)$ avec les conditions initiales de l'énoncé. En effet $\dot{H}(t) = -H_0\omega_0\sin(\omega_0 t)$. Nous avons donc bien $\dot{H}(t=0) = 0$ et $H(t=0) = H_0$. $H(t+T_0) = H_0\cos(\omega_0(t + 2\pi\sqrt{\frac{h_{eq}}{g}}) = H_0\cos(\omega_0 t + 2\pi) = H_0\cos(\omega_0 t) = H(t)$. La fonction H décrit donc bien un mouvement d'oscillation de période $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{h_{eq}}{g}}$.
5. On trouve une période de 9,71 s pour le Batillus.

Exercice 12 : Bougie

1. La flottabilité de la parcelle d'air augmente lorsque la bougie est allumée car $\rho corps$ diminue. La parcelle d'air s'élève.
2. $\beta = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$. Pour un gaz parfait, on obtient $\beta = \frac{1}{T}$ d'où $V(T) = V(T_0)\frac{T}{T_0}$. On a $\rho(T) = \frac{m}{V(T)} = \frac{m}{V(T_0)}\beta T_0 = \rho(T_0)(1-\beta(T-T_0))$ où T est la température de la parcelle d'air chaude et T_0 la température d'une parcelle d'air bougie éteinte.
3. On obtient donc $F = gV\beta(T-T_0)$.