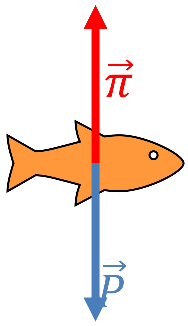
Corrigé des exercices du livre
Chapitre 14 : Mouvements d'un fluide

Exercice 19 : Comprendre le déplacement vertical des poissons



a. La grandeur physique qui varie quand le poisson gonfle ou dégonfle sa vessie natatoire est son volume.

b. Système : poisson (m)
Référentiel : terrestre, supposé galiléen
Bilan des forces :

- Poids : $\vec{P} = m\vec{g}$
- Poussée d'Archimède : $\vec{\pi} = -\rho_{eau} V_{poisson} \vec{g}$

Si le poisson gonfle sa vessie natatoire, son volume augmente. Si son poids reste constant, la poussée d'Archimède qui s'exerce sur lui augmente. Le poisson se déplace donc vers le haut.

Exercice 24 : Mesurer un débit volumique

a. D'après les lignes 10 et 11 du code python proposé, on peut écrire :

- $\Delta t = 40{,}3 \pm 0{,}3\ ms$
- $V = (50{,}00 \pm 0{,}05).10^{-6}\ m^3$

b. $D_V = \frac{V}{\Delta t}$. Cette expression intervient dans la ligne 19 du code.
Cette ligne de code permet de calculer la valeur du débit volumique à partir de valeurs aléatoires autour des valeurs mesurées du volume d'eau écoulé et de la durée d'écoulement.

c. Les lignes 13 à 24 du programme permettent de simuler des résultats expérimentaux en grand nombre (10000), afin d'estimer l'incertitude sur le débit.

d. $D_V = (1{,}241 \pm 0{,}009).10^{-6}\ m^3.s^{-1}$

Exercice 26 : Calculer une vitesse d'éjection de vidange

D'après la relation de Bernoulli, $P_s + \rho g z_s + \frac{1}{2}\rho {v_s}^2 = P_S + \rho g z_S + \frac{1}{2}\rho {v_S}^2$

$S \gg s \Rightarrow v_S \approx 0$

Les 2 surfaces sont en contact avec l'air, et on néglige les variations de la pression atmosphérique sur la hauteur $h_0 \Rightarrow P_s = P_S = P_{atm}$

$\Rightarrow v_s = \sqrt{2g(z_S - z_s)} = \sqrt{2gh_0} = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 1{,}0} = 4{,}4\ m.s^{-1}$

Exercice 32 : Trompe à eau

a. Le phénomène qui relie l'apparition d'une différence de pression à une variation de vitesse est l'effet Venturi.

b. On néglige les effets de la gravité $\Rightarrow P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho({v_B}^2 - {v_A}^2)$
L'eau étant un fluide incompressible, le débit volumique est uniforme : ${D_V}_A = {D_V}_B = D_V$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_A = \dfrac{D_V}{S_A} = \dfrac{4D_V}{\pi {d_A}^2} \\ v_B = \dfrac{D_V}{S_B} = \dfrac{4D_V}{\pi {d_B}^2} \end{cases} \Rightarrow P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho\left(\left(\frac{4D_V}{\pi {d_B}^2}\right)^2 - \left(\frac{4D_V}{\pi {d_A}^2}\right)^2\right) = \frac{8\rho {D_V}^2}{\pi^2}\left(\frac{1}{{d_B}^4} - \frac{1}{{d_A}^4}\right)$$

$$P_A - P_B = \frac{8 \times 1{,}00.10^3 \times \left(\frac{6{,}0.10^{-3}}{60}\right)^2}{\pi^2}\left(\frac{1}{(5{,}0.10^{-3})^4} - \frac{1}{(12.10^{-3})^4}\right) = 1{,}3.10^4\ Pa$$

Exercice 35 : Tube de Venturi

a. $\Delta P = \rho_{Hg} g h$

$\Delta P = \frac{8\rho_{eau} D_V{}^2}{\pi^2}\left(\frac{1}{d_2{}^4} - \frac{1}{d_1{}^4}\right)$ (cf. exercice 32)

b. $\frac{8\rho_{eau} D_V{}^2}{\pi^2}\left(\frac{1}{d_2{}^4} - \frac{1}{d_1{}^4}\right) = \rho_{Hg} g h \Rightarrow D_V = \sqrt{\frac{\pi^2 \rho_{Hg} g h}{8\rho_{eau}\left(\frac{1}{d_2{}^4} - \frac{1}{d_1{}^4}\right)}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \rho_{Hg} g}{8\rho_{eau}\left(\frac{1}{d_2{}^4} - \frac{1}{d_1{}^4}\right)}}\sqrt{h}$

$$\Rightarrow D_V = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 13550 \times 9{,}81}{8 \times 1000 \times \left(\frac{1}{(5{,}0.10^{-3})^4} - \frac{1}{(10.10^{-3})^4}\right)}}\sqrt{h} = 3{,}3.10^{-4}\sqrt{h}$$

Exercice 37 : Robinet

Soit A le point de sortie du robinet et B le point situé à la distance h sous le robinet.
D'après la relation de Bernoulli, $v_B{}^2 - v_A{}^2 = 2gh$
L'eau étant un fluide incompressible, le débit volumique est uniforme : $D_{V_A} = D_{V_B} = D_V$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_A = \frac{D_V}{S_A} = \frac{4D_V}{\pi d_A{}^2} \\ v_B = \frac{D_V}{S_B} = \frac{4D_V}{\pi d_B{}^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{16\rho D_V{}^2}{\pi^2}\left(\frac{1}{d_B{}^4} - \frac{1}{d_A{}^4}\right) = 2gh$$

$\Rightarrow h \propto D_V{}^2$

Par conséquent, si le débit volumique est doublé, la distance h est multipliée par 4.

Exercice 38 : Jet d'eau

a. Soit A le point de sortie du robinet et B le point le plus haut du jet d'eau.

D'après la relation de Bernoulli, $h = \frac{v_A{}^2 - v_B{}^2}{2g} = \frac{\left(\frac{200}{3{,}6}\right)^2 - 0^2}{2 \times 9{,}81} = 157\ m$

b. L'écart entre la hauteur théorique du jet et sa hauteur réelle peut être dû aux interactions entre les gouttes d'eau et l'air, notamment les forces de friction.

Exercice 40 : Siphon

a. Si on considère que $s \ll \Sigma$, la vitesse d'écoulement de l'eau au point D est négligeable devant la vitesse d'écoulement de l'eau au point C : $v_D \ll v_C$

b. D'après la relation de Bernoulli, $v_C = \sqrt{2g(z_D - z_C)}$

$\Rightarrow v_C = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times (60.10^{-2} - (-10.10^{-2}))} = 1{,}2\ m.s^{-1}$

L'expression précédente n'est valable qu'à condition que $z_D - z_C > 0 \Rightarrow z_D > z_C$

c. D'après la relation de Bernoulli, $P_A = P_a + \rho g(z_D - z_A)$
$\Rightarrow P_A = 1{,}013.10^5 + 1{,}0.10^3 \times (60.10^{-2} - 5{,}0.10^{-2}) = 1{,}019.10^5\ Pa$
D'après la relation de Bernoulli, $P_B = P_a + \rho g(z_D - z_A)$
$\Rightarrow P_B = 1{,}013.10^5 + 1{,}0.10^3 \times (60.10^{-2} - 70.10^{-2}) = 1{,}012.10^5\ Pa$

d. Pour que le siphon soit amorcé, il faut que la vitesse d'écoulement de l'eau au point B soit positive. Pour cela, il faut aspirer l'eau jusqu'à ce qu'elle atteigne ce point. L'écoulement étant permanent, il ne va alors plus cesser jusqu'à ce que le niveau de l'eau ai atteint le point A. Aucune condition sur le point B n'existe. Seule la différence de hauteur entre C et D intervient.