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

Consignes : Justifier toutes les réponses. Une réponse correcte non justifiée est considérée comme fausse en devoir. Soigner la rédaction des réponses et respecter les notations de l'énoncé. Une réponse qui utilise une autre notation est considérée comme fausse en devoir.

Le niveau de difficulté en calcul est représenté par l'échelle

1 Les savoir-faire

Savoir utiliser la poussée d'archimède

Exercice 1 : Poussée d'Archimède 1

1. Rappeler l'expression de la force d'Archimède s'exerçant sur un corps plongé dans un fluide.

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

2. Faire un schéma et placer le point d'application du poids et de la poussée d'Archimède. Est-ce que le cylindre est dans un état d'équilibre stable ?
3. Calculer la taille de la partie émergée en fonction de h dans l'hypothèse ou le cylindre reste à la verticale.

Exercice 2 : Poussée d'Archimède 2

1. Quelle doit-être la valeur de la masse volumique d'une boule de rayon R pour être immergée à mi-hauteur dans l'eau ?

Exercice 3 : Objet immergé

On immerge progressivement un cylindre de densité 0,75 relié par un fil à un support dans un bêcher rempli d'eau. Le cylindre a un rayon de 5 cm et une hauteur de 10 cm.

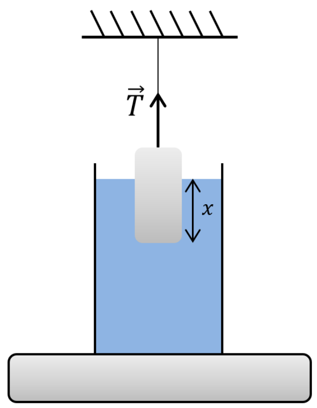

FIGURE 1 – Cylindre plongé progressivement dans l'eau.

1. Quelle est la tension dans le fil pour $x = 0$?
2. Quelle est la valeur maximale de x ?
3. Tracer le graphe de la norme de $\vec{T}$ en fonction de x.

Savoir expliquer le mécanisme de convection

Exercice 4 : Brise de mer

1. On définit la flottabilité F d'un corps comme la différence entre la norme de la poussée d'Archimède et la norme du poids. Déterminer l'expression de la flottabilité d'un corps en fonction de g, V, ρ_{fluide} et ρ_{corps}. Que se passe t-il pour un corps dont la flottabilité est positive ?
2. En été, on ressent sur la côte une brise de mer à partir du milieu d'après-midi. Expliquer le mécanisme d'apparition de cette brise.
3. La photo suivante montre la formation de cumulus au-dessus de la côte en été. Expliquer le mécanisme de leurs formations.

FIGURE 2 – Formation de cumulus en été au-dessus de la côte.

2 La mise en œuvre

Exercice 5 : Poussée d'Archimède 3

On considère un coquille sphérique de masse volumique $1600\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$ de rayon interne 5 cm et de rayon externe 6 cm.

1. On met la coquille sphérique dans l'eau. Quel est le pourcentage de volume immergé dans l'eau ? On rappelle que le volume d'une sphère est $\frac{4}{3}\pi R^3$.

Exercice 6 : Objet immergé 1

Un cône inversé qui pèse 16,5 N est plongé dans l'eau et retenu par un fil.

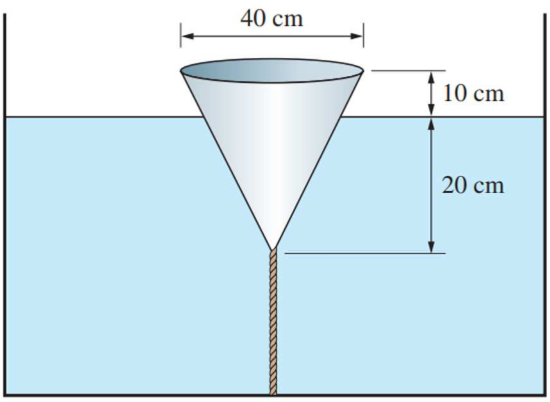

FIGURE 3 – Cône immergé retenu par un fil.

1. Calculer la valeur de la tension dans le fil sachant que le volume d'un cône de hauteur H et dont la base à un rayon R a pour volume $V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$?

Exercice 7 : Supertanker

Le Batillus, un supertanker géant, fût l'un des plus grands navires du monde. Sa longueur est de 412 m, sa largeur de 63 m et sa masse à vide de 77 300 t. La capacité de ce supertanker est de 663 813 m^3 de pétrole brut.

1. Calculer la masse du supertanker rempli d'un pétrole brut de densité 0,8.
2. Calculer le tirant d'eau en considérant le bateau à fond plat rempli de pétrole et en prenant pour l'eau une masse volumique de $\rho = 10^3\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$. Justifier soigneusement les calculs.
3. On trouve sur internet les caractéristiques suivantes :
   — Tirant d'eau tropical eau douce : 29,872 m.
   — Tirant d'eau tropical eau de mer : 29,196 m.
   En déduire la différence entre la masse volumique de l'eau douce et la masse volumique de l'eau de mer.

Exercice 8 : Objet immergé 2

On immerge progressivement un cylindre de section S_2 dans un rempli de section S_1. On note h_0 le niveau de l'eau pour $x = 0$ et h le niveau de l'eau lorsque le cylindre est plongé de la distance x dans l'eau.

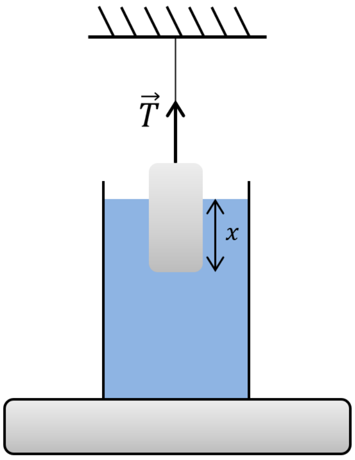

Figure 4 – Cylindre plongé progressivement dans l'eau.

1. Déterminer l'expression de x en fonction de S_2, S_1, h et h_0.
2. Déterminer l'expression de la variation de la force pressante s'exerçant sur le support du bêcher en fonction de x ?

Exercice 9 : Objet immergé 3

On immerge partiellement un objet dans un bécher rempli d'eau.

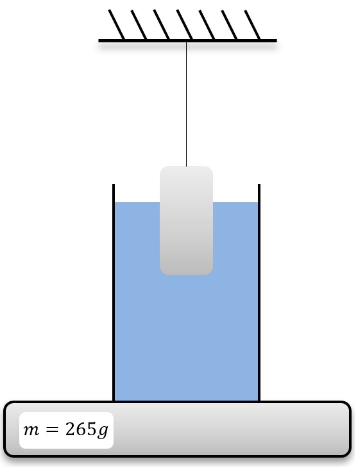

Figure 5 – Objet partiellement immergé dans l'eau.

1. Reproduire le schéma et représenter toutes les forces qui s'appliquent sur l'objet.
2. Représenter toutes les forces qui s'appliquent sur le système {bécher+objet}.
3. En déduire l'expression de la réaction du support.
4. Comment évolue la masse indiquée par la balance si nous sortons l'objet de l'eau ?

Exercice 10 : La glace et l'eau

La masse volumique de l'eau à la pression atmosphérique pour quelques températures est indiquée dans le tableau 1. La masse volumiqueρ_g de la glace est de 0,917 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$.

θ(°C)	0	2	4	8	10	15
$\rho_e(\mathrm{g\,cm^{-3}})$	$0,9998$	$0,99995$	$1,0$	$0,9999$	$0,99975$	$0,9992$

Table 1 – Évolution de la masse volumique de l'eau en fonction de la température.

1. Tracer l'allure de la variation de la masse volumique de l'eau en fonction de la température. Quelle est la particularité de l'eau à basse température ?
2. Expliquer pourquoi les cours d'eau gèlent en surface et pas en profondeur tant qu'il ne fait pas trop froid.

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

Nous plaçons verticalement un objet cylindrique de masse $m = 500\,\mathrm{g} \pm 1$ à moitié immergé dans l'eau et nous attendons que l'objet se stabilise. Nous nommons h_{eq} la distance entre le bas de l'objet et la surface de l'eau.

1. Faire un schéma de l'expérience. Représenter sur le schéma les forces qui s'exercent sur l'objet. Placer les points d'application des forces avec soin. Nous considérons le cylindre homogène.
2. Déterminer l'expression de la distance h_{eq} en fonction de la surface $S = 30\,\mathrm{cm^2} \pm 2$ de la base du cylindre, de la masse m et de la masse volumique de l'eau $\rho_{eau} = 10^3\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$.

Nous appuyons maintenant sur l'objet et nous le lâchons sans vitesse initiale. L'objet ce met à osciller avant de revenir à sa position d'équilibre après un certain nombre d'oscillations. Nous nommons $h(t)$ la distance entre le bas de l'objet et la surface de l'eau et $H(t) = h(t) - h_{eq}$ l'écart à la position d'équilibre.

Nous allons étudier le problème en négligeant l'effet des forces de frottement exercées par l'eau sur l'objet.

3. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par H.
4. En déduire l'expression de $H(t)$. En déduire l'expression de la période d'oscillation.
5. Application : le Batillus, un supertanker géant, fût l'un des plus grands navires du monde. Sa longueur est de 412 m, sa largeur de 63 m et sa masse à vide de 77 300 t. La capacité de ce supertanker est de 663 813 $\mathrm{m^3}$ de pétrole brut. Calculer le tirant d'eau du Batillus rempli d'un pétrole brut de densité 0,8 en considérant le bateau à fond plat et en prenant pour l'eau une masse volumique $\rho = 10^3\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$. En déduire la période d'oscillation du Batillus.

Exercice 12 : Bougie

1. On considère une parcelle d'air au-dessus d'une bougie éteinte. Comment évolue la flottabilité de la parcelle d'air lorsque la bougie est allumée ? Comment se déplace la parcelle d'air dans ce cas ?
2. On note β le coefficient de dilatation thermique volumique défini par $\beta = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$. Montrer que la masse volumique de la parcelle d'air chaud considéré comme un gaz parfait a pour expression $\rho(T) = \rho(T_0)(1 - \beta(T - T_0))$ où T est la température de la parcelle d'air chaude et T_0 la température d'une parcelle d'air bougie éteinte.
3. En déduire que la flottabilité a pour expression $F = gV\beta(T - T_0)$.

Exercice 13 : Iceberg

On considère un Iceberg que l'on approxime à un cône dont la partie émergée mesure 8 m de haut.

1. Justifier le sens dans lequel le cône pointe.
2. Calculer la hauteur de la partie immergée de l'Iceberg sachant que le volume d'un cône de hauteur H et dont la base à un rayon R a pour volume $V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$. On donne la masse volumique ρ_g de la glace qui est de 0,917 $\mathrm{g\,cm^{-3}}$.