Chapitre I1. Les fluides

Rappel : notion de fluide
On désigne par « fluide » tout état de la matière n'ayant pas de forme propre. Un fluide s'écoule.
Les états liquide et gazeux sont des états fluides. L'état solide n'en est pas un.

Activité 1 - Ça ne flotte pas mais ça pourrait…

Introduction à la poussée d'Archimède

Archimède de Syracuse est considéré comme le plus grand mathématicien de l'Antiquité. Entre autres découvertes, on lui doit celle du critère permettant de prévoir si un corps immergé dans un liquide flotte ou coule. Ce critère repose sur l'existence d'une force verticale et vers le haut, exercée par le fluide sur l'objet immergé, aujourd'hui appelée poussée d'Archimède et généralement notée $\overrightarrow{\Pi}$.



Cette activité a pour but de se donner les moyens de mesurer cette force.
Un dynamomètre est un appareil de mesure contenant un ressort et permettant de mesurer la force exercée sur son extrémité (on appelle cette force la tension du ressort).

1. Se munir d'un cylindre métallique et le suspendre à un dynamomètre (on choisira le dynamomètre dont la valeur maximale est la plus proche de la tension mesurée). Noter la valeur de la tension *T* du ressort.
2. En utilisant la troisième loi de Newton, donner la valeur de la force exercée par le dynamomètre sur le cylindre. Représenter cette force sur un schéma
3. En utilisant le principe d'inertie au cylindre, justifier que la valeur affichée par le dynamomètre est ici le poids du cylindre
4. Mesurer la tension *T'* du ressort lorsque ce même objet est suspendu au dynamomètre mais entièrement immergé dans l'eau. Faire un schéma du système avec les forces qui s'exercent sur lui (sans souci d'échelle).
5. Déduire de ces deux mesures la valeur Π de la poussée d'Archimède exercée par l'eau sur le cylindre métallique.

Activité 2 – De quoi dépend la poussée d'Archimède ?

Grandeurs d'influence de la poussée d'Archimède

Cette activité vise à déterminer les propriétés dont dépend la valeur de la poussée d'Archimède, puis à vérifier l'expression connue pour cette force

1. Proposer le protocole d'une expérience permettant de savoir si la poussée d'Archimède dépend de la masse de l'objet immergé.

Appeler le professeur et avec son accord, réaliser cette expérience

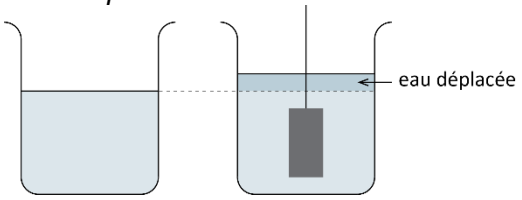
2. Rendre compte par écrit des mesures effectuées et conclure.

3. Proposer le protocole d'une expérience permettant de savoir si la poussée d'Archimède dépend du volume de l'objet immergé.

Appeler le professeur et avec son accord, réaliser cette expérience

4. Rendre compte par écrit des mesures effectuées et conclure.

5. Le théorème d'Archimède, reformulé en langage contemporain, s'énonce :
« Tout *corps plongé dans un fluide subi de la part de ce dernier une poussée verticale, vers le haut, de valeur égale au poids du fluide déplacé*. »



Exploiter ce théorème pour exprimer Π en fonction de ρ_{fluide} (masse volumique du fluide), V (volume immergé du solide) et g (champ de pesanteur). Vérifier que la relation obtenue est en accord avec les réponses (2) et 4).

6. Avec le matériel disponible, proposer une expérience qui permettrait de tester quantitativement le théorème d'Archimède.
7. Si l'on plonge un même solide d'abord dans de l'eau (densité $d = 1$) puis dans de l'eau saturée en sel (densité $d' \approx 1{,}2$), indiquer dans quelle situation la poussée subie par le solide est-elle la plus élevée. Tester expérimentalement la réponse, noter les résultats des mesures effectuées et conclure.

Activité 3 : Arrosons notre jardin

Débit volumique / relation débit vitesse / conservation du débit

On étudie l'écoulement de l'eau dans un tuyau d'arrosage relié au robinet d'une habitation. On souhaite notamment déterminer, **en régime permanent**, le débit volumique dans ce tuyau. Dans une habitation, le compteur d'eau permet de lire le volume d'eau écoulé (en m^3) dans tous les robinets de la maison depuis la construction de l'habitation.

1. Dessiner le tuyau d'arrosage (horizontal et de section constante S). Indiquer sur le dessin, la surface constante la plus simple pour étudier et mesurer le débit volumique. On parlera de *surface de contrôle*.
2. Proposer alors un protocole expérimental qui permettrait de déterminer le débit volumique de l'eau dans le tuyau d'arrosage de l'habitation.

Dans l'hypothèse du fluide parfait, on peut considérer que le champ de vitesse d'écoulement du fluide est uniforme dans le tuyau et égal à $\vec{v}$.

3. Représenter le vecteur vitesse de l'écoulement en différents points, et notamment en différents points de la surface de contrôle.
4. Exprimer la distance parcourue en moyenne par l'eau dans le tuyau du sur une durée Δt. En déduire le volume V d'eau qui traversera la surface de contrôle pendant la durée Δt sur la figure. Hachurer cette zone.
5. Exprimer V en fonction de S, v et Δt en s'aidant du schéma.
6. En déduire que le débit volumique s'exprime aussi $\boldsymbol{D_V = v \times S}$.
7. Justifier alors l'intérêt de pincer le tuyau d'arrosage si on veut que le filet d'eau aille plus loin.

Activité 4 : Bernoulli omniprésent…

La relation de Bernoulli permet d'expliquer de nombreux phénomènes en mécanique et en statique des fluides. Cette relation traduit en fait la conservation de l'énergie lors d'un écoulement. Nous allons ici étudier deux situations classiques.

Cas 1

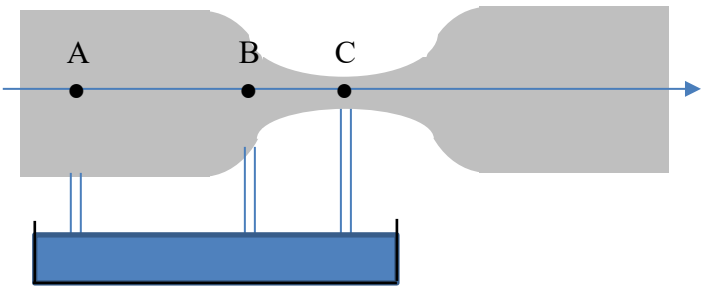
On considère un lac. On rappelle que l'eau est un fluide incompressible.

1. Indiquer quelle grandeur présente dans la relation de Bernoulli est constante.
2. On se place en deux points différents du lac : A à la surface de l'eau, B tout au fond. Écrire la relation de Bernoulli dans ce cas-là.
3. Exprimer la différence de pression entre ces deux points. Que retrouve-t-on ?

Cas 2

On dispose d'une soufflerie à l'extrémité de laquelle on place un manchon permettant de faire varier la section S perpendiculaire de l'écoulement. On suppose que dans les conditions de l'expérience l'air peut être considéré comme un fluide incompressible et parfait et que l'écoulement est horizontal et permanent.

On place des tubes latéraux au contact de l'air circulant dans le manchon et plongeant dans un liquide coloré comme sur le schéma ci-contre.



4. Indiquer quels vont être à votre avis les niveaux d'eau dans les tubes latéraux.

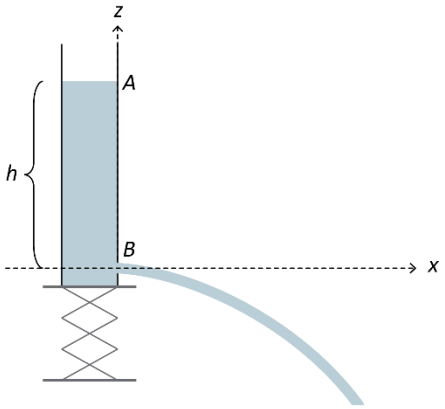
On réalise l'expérience (pas tout à fait la même…)

5. Noter les observations et les interpréter en utilisant la relation de Bernoulli.

Activité 5 - test expérimental de la relation de Bernoulli

La relation de Bernoulli énonce que dans un fluide incompressible en écoulement, si toutes les forces de frottement sont négligées, on a : $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z + p = \text{constante}$.

ρ étant la masse volumique du fluide, v sa vitesse d'écoulement, z l'altitude du point considéré et p sa pression. Pour tester cette relation on envisage l'expérience suivante, dans laquelle une cuve remplie d'eau a été percée proche de sa base :



Nous allons calculer la vitesse initiale de l'eau de deux manières :

- en exploitant la relation de Bernoulli : ce sera la vitesse initiale prévue, notée $v_{0\text{ prévue}}$;
- en exploitant l'équation de la trajectoire du jet d'eau : ce sera la vitesse initiale constatée, notée $v_{0\text{ constatée}}$.

1ère partie

***Prévision* de la vitesse initiale du jet par la relation de Bernoulli**

On admet que la vitesse d'écoulement au point A est négligeable devant celle au point B. Appliquer la relation de Bernoulli entre les points A et B représentés ci-dessus pour établir l'expression de la vitesse initiale du jet d'eau : $v_{0\text{ prévue}} = \sqrt{2gh}$

$h = z_A - z_B$ étant la hauteur d'eau au-dessus de l'orifice par lequel l'eau s'écoule.

Cette relation est connue sous le nom de « formule de Torricelli ».

Expérimentalement (sur la photo) :

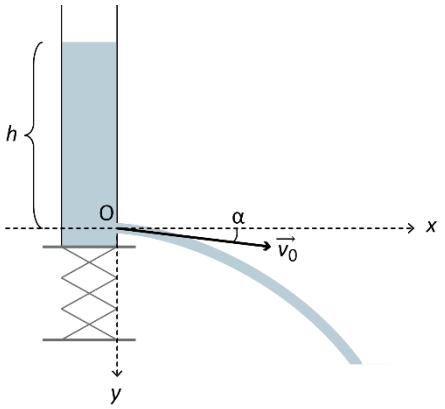
Mesure la valeur de h :

En déduire la valeur de $v_{0\text{ prévue}}$:

2ème partie

Détermination de la vitesse initiale constatée du jet d'eau

Nous allons à présent déterminer la vitesse initiale réelle du jet en exploitant les lois de la mécanique et la trajectoire du jet. Pour cette étude il est pertinent de changer de repère et d'utiliser un axe vertical orienté vers le bas :



Dans ce repère, on montre à l'aide des lois de Newton que la trajectoire du jet d'eau s'exprime comme celle d'un projectile avec vitesse initiale :

$$y(x) = \frac{g}{2v_0^2\cos^2(\alpha)}x^2 + \tan(\alpha)\ x$$

Expérimentalement :

A l'aide de la photo attribuée par l'enseignant, faire une étude de la trajectoire par Regressi pour modéliser l'équation de la trajectoire.

En déduire la valeur de α puis de v_0.

Comparer les deux valeurs de la vitesse initiale obtenue.