

LP 17 : Description d'un fluide au repos

Élément imposé : Barrage, plongée, application, fonctionnement d'un baromètre, pression sanguine d'un girafon (Hachette p210) c'est mignon , caisson hyperbare, château d'eau (Nathan p232)

Niveau : Première enseignement de spécialité

Prérequis :

- Etat de la matière (Collège)
- compressibilité d'un gaz et incompressibilité d'un liquide (2nd)
- Notion de poids et force (2nd)
- Première loi de Newton (2nd)
- Incertitudes

Biblio : 1ere enseignement de spécialité : Nathan, Hachette, Hatier, Le livre scolaire

Intro pédagogique :

1ere enseignement de spécialité : chapitre 'description d'un fluide au repos' dans mouvement et interactions.

Première partie description des caractéristiques des fluides, lien macro – micro.

Deuxième partie sur l'étude des lois qui régissent l'évolution de la pression : on prend comme fil conducteur la plongée sous marine (dépend de l'élément imposé)

Choix : Observation expérimentale pour retrouver les lois.

Difficultés : lien entre description micro- et macroscopique d'un fluide,

TD : Activité documentaire sur le plongée sous marine (danger ..), pression dans les profondeurs océaniques, barrage, château d'eau ...

TP : Loi de Mariotte (étude de l'évolution de la pression en fonction du volume)

Introduction

Vous savez que la matière est constituée de particules (atomes, molécules, ions...) On va étudier dans ce chapitre certaines formes de la matière, à l'état liquide et à l'état gazeux, que l'on rassemble sous le terme de fluides.

Fluide : Un fluide est un corps non solide, qui se déforme sous l'action de forces, même très faibles. Il est déformable et n'a pas de forme propre : il épouse la forme du récipient qui le contient.

Exemple : liquide et gaz

Dans ce cours, on va s'attacher à décrire des fluides qui sont au repos, càd globalement immobile par rapport aux parois et autres éléments en contact avec lui. Pas de mouvement d'ensemble.

On va commencer par étudier ce qui se passe entre le fluide et le contenant avant d'étudier des caractéristiques du fluide.

Objectifs :

- Étudier un fluide au point de vue micro et macroscopique
- Comprendre les lois qui régissent l'évolution de la pression dans un fluide

I. De la force pressante à la pression

A. Aspect microscopique et macroscopique d'un fluide

A l'échelle macroscopique le fluide au repos n'a pas de mouvement d'ensemble. Mais à l'échelle micro : les molécules qui le constituent sont en mouvement incessant et désordonné.

Impossible de connaître le comportement de chaque particule du fluide. Mais on peut comprendre la nature microscopique d'un fluide avec des grandeurs macroscopiques.

Rappel : Aspect microscopique du fluide Slide

Etat	particules	Mouvement
------	------------	-----------

liquide	proches les unes des autres bien que libres de se déplacer	se déplacent facilement les unes par rapport aux autres
gaz	éloignées les unes des autres	mouvement désordonné

Les différentes propriétés macro :

– Masse volumique ρ : Slide

Masse d'une unité de volume du fluide. $P=m/V$ en kg/m^3

Liée au nb particules /unité de volume donc à la proximité des entités.

Molécules proches dans un liquide, s'éloignent peu $\Rightarrow \rho$ cte ; liquides incompressibles.

Molécules espacées dans un gaz, s'éloignent facilement $\Rightarrow \rho$ variable, gaz compressibles.

Incompressible : se dit du fluide lorsque son volume demeure constant sous action d'une pression externe.

– Température T : Slide

Mesurée avec un thermomètre. En Kelvin, $T^\circ (\text{K}) = T^\circ \text{C} + 273,15$

Mesure l'agitation des molécules du fluide. + molécules agitées, + T° élevée.

– Pression P

Mesurée avec un manomètre en Pa.

Traduit le choc des entités, plus il y a de chocs, plus la pression est élevée.

Transition : L'agitation des particules implique qu'elles entrent nécessairement en collision avec les parois. Chaque choc a une action très faibles mais en grand nombre l'effet devient sensible à l'échelle macro \rightarrow force pressante

B. Pression et force pressante

Fluide exerce une action mécanique sur les parois /surface avec lesquelles il est en contact. On appelle *force pressante* la force qui modélise cette action mécanique.

Schéma Slide + au tableau

La direction de la force est perpendiculaire à la paroi

Le sens de cette force va du fluide vers la paroi

La valeur de cette force dépend de la pression P (du nombre de choc) du fluide et de la surface S de contact

$F = P \cdot S$, P en Pascal (Pa).

La pression est donc une force par unité de surface. Par analyse dimensionnelle on a $1\text{Pa} = 1 \text{N/m}^2$.

Dans la pratique : on utilise souvent le hPa (météorologie), le bar : $1 \text{bar} = 10^5 \text{Pa}$ ou l'atmosphère $1 \text{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{Pa}$ environ = 1bar.

Transition : On va étudier à présent comment la pression évolue et les conséquences que cela peut avoir.

II. Évolution de la pression dans un fluide

L'atmosphère qui entoure la Terre exerce une P_{atm} d'environ 1 bar au niveau de la mer. Dans l'atmosphère terrestre plus on prend de l'altitude plus la pression est faible. Dans la partie qui va suivre on va s'intéresser à la physique du plongeur à travers deux expériences...

A. Loi de Boyle-Mariotte

Pression dans un gaz au repos

Exp : Loi de Boyle-Mariotte Hatier p221 Slide

Comment prévoir le volume occupé par l'aire dans les poumons d'un plongeur ?

La température est fixée.

On mesure la pression, on remplit une seringue étanche d'air à son volume moyen. Commencer à 30mL, puis aller plus haut et plus bas : jusqu'à 15mL et jusqu'à 60 mL.

On note P et V.

On trace $P=f(V)$

Calcul incertitude : sur P et V.

Réponse à la question => la pression augmente donc le volume d'air dans les poumons diminue. Pendant la remontée du plongeur, c'est le contraire : la pression de l'eau au niveau du plongeur diminue et le volume d'air dans les poumons augmente. C'est pourquoi il ne doit pas bloquer sa respiration mais expirer pendant qu'il remonte car sinon les tissus de ses poumons peuvent se distendre et se rompre.

→ Loi de Boyle-Mariotte (1676, Mariotte : physicien botaniste français, Boyle : Irlandais) : A T° constante, le volume V d'une quantité de gaz donnée varie de façon inversement proportionnelle à la pression P qu'il subit : le produit P.V est constant. $P * V = \text{constante}$

Récap sur Slide avec ballon

Condition de validité : elle est valable pour de faibles pressions (plutôt de l'ordre de la pression atmosphérique), à une température donnée.

Transition : On sait à présent que la pression ne dépend pas du volume d'eau mais varie avec la profondeur ou l'altitude. Peut-on établir justement une relation entre la pression de l'eau et la profondeur ?

B. Loi fondamentale de la statique des fluides

Exp : Variation de la pression dans une colonne d'eau Le livre scolaire Act 4 p 239 Slide

Quelle est la pression que subit un plongeur à 10 mètres de profondeur ?

Faire une mesure + Incertitude (précision de la règle, du manomètre, et surtout lecture de la distance par l'expérimentateur...)

On trace $P = f(z)$

Observation : loi linéaire, plus z profond plus la pression est élevée.

Dans un fluide incompressible au repos, la différence de pression entre deux points A et B du fluide est donnée par la relation : Schéma slide

$P_B - P_A = \rho g (z_A - z_B)$ avec P_B et P_A en Pascal (Pa), ρ en kg/m^3 , g en N/kg et z_A et z_B en m

Grace à la pente on remonte à ρ de l'eau et on compare.

Réponse à la question : => la loi fondamentale de la statique des fluides permet de relier ΔP et Δz : la pression augmente linéairement avec la profondeur. D'après la loi de la statique des fluides, pour un plongeur à 10 mètres de profondeur on a $P_{\text{plongeur}} - P_{\text{surface}} = \rho * g * h$ soit $P_{\text{plongeur}} = \rho * g * h + P_{\text{surface}}$.

A.N : $P_{\text{surface}} = P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$. $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ g = 9,81 N/kg. $P_{\text{plongeur}} = 1000 * 9,81 * 10 + 10^5 = 2,0 * 10^5 \text{ Pa}$.

Récap slide

Conclusion

Bilan sur Slide

Ouverture : Dans le domaine du sport, on pourra étudier et comparer la pression exercée par le pied d'un sprinter et d'un marathonien sur le sol...