Investigation

La forme bombée au-dessus des ailes permet aux avions de se maintenir en vol.

Comment les bateaux en acier flottent-ils ?

3 Comment se déplacer dans un fluide ?

À l'issue de ce chapitre, vous serez capable de :

C1 - déterminer expérimentalement la valeur de la force de poussée d'Archimède ;

C2 - mesurer la pression d'un liquide en un point ;

C3 - déterminer expérimentalement les variations de pression au sein d'un fluide ;

C4 - distinguer pression atmosphérique, pression relative et pression absolue ;

C5 - utiliser la formule $p_B - p_A = \rho.g.h$;

C6 - mettre en évidence expérimentalement l'effet Venturi.

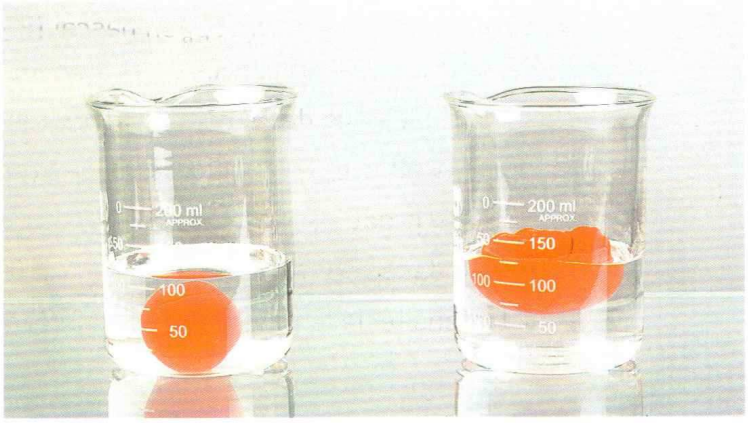
Activité 1. Comment mettre en évidence la force de poussée d'Archimède ?

• Réaliser et observer

Expérience 1 • Trouver une forme pour qu'un matériau flotte

On dispose de deux boules de pâte à modeler de même poids.

- Introduire une boule dans un bécher contenant 100 mL d'eau [doc 1].
- Trouver une forme à la seconde boule pour qu'elle flotte, puis la déposer dans un second bécher contenant 100 mL d'eau.
- Comparer les volumes d'eau déplacée dans les béchers.



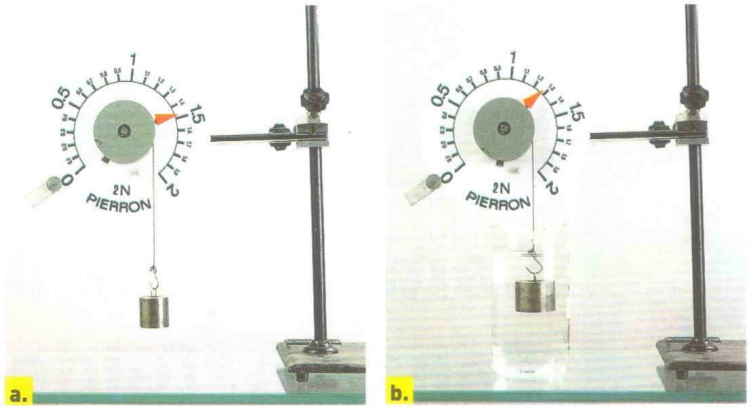
Doc 1. Les béchers contiennent 100 mL d'eau.

Expérience 2 • Mesurer la valeur de la force de poussée d'Archimède

À l'aide d'un dynamomètre, mesurer successivement le poids d'un solide :

- lorsqu'il est suspendu dans l'air [doc 2a] ;
- lorsqu'il est totalement immergé dans l'eau [doc 2b].

Recommencer l'expérience avec un second solide de même volume mais de poids différent, puis avec un troisième solide de même poids mais de volume différent.



Doc 2a. Le solide est suspendu dans l'air.
Doc 2b. Le solide est totalement immergé dans l'eau.

• Répondre aux questions

Expérience 1

1. Quelle forme faut-il donner à la pâte à modeler pour qu'elle flotte ? A-t-elle déplacé davantage d'eau ?

Expérience 2

2. Quelle est la valeur de la force de poussée exercée par l'eau sur chaque solide ?
3. Cette valeur dépend-elle du poids du solide ? Du volume du solide immergé ?
4. Quels sont la direction et le sens de cette force ?
5. Répondre à la question d'investigation de la page d'ouverture du chapitre : **Pourquoi les bateaux en acier flottent-ils ?**

Activité 2. Comment varie la pression au sein d'un liquide ?

• Réaliser et observer

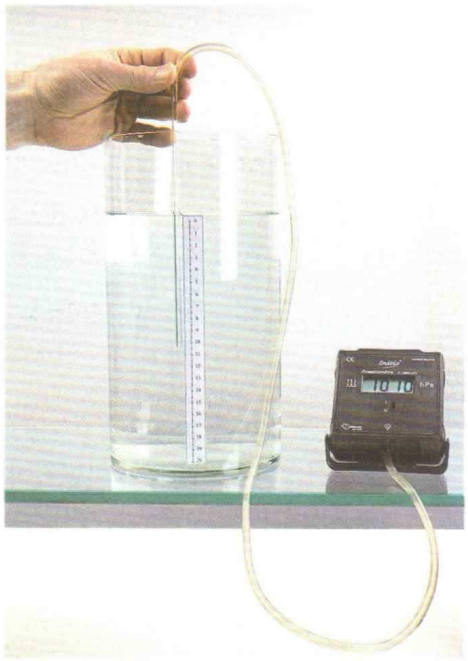
- Mesurer les pressions p_A et p_B en pascal (Pa) en deux points A et B situés à une différence de profondeur h [doc 3].
- Noter la différence de profondeur h en mètre.
- Calculer la différence de pression $p_B - p_A$.
- Calculer le produit $\rho.g.h$.

  ρ est la masse volumique de l'eau : $\rho = 1\,000$ kg/m^3 ;

  g est l'intensité de la pesanteur : $g = 10$ N /m.

• Répondre aux questions

1. Comment varie la pression en fonction de la profondeur ?
2. La différence de pression $p_B - p_A$ entre les points A et B est-elle à peu près égale au produit $\rho.g.h$?



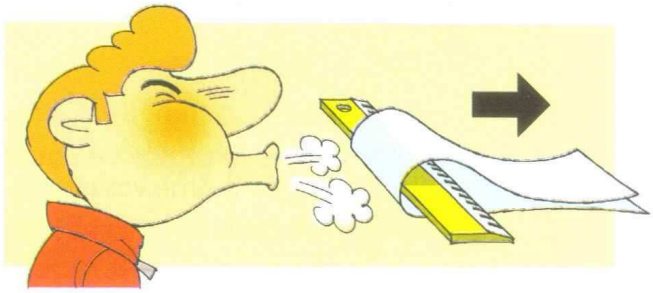
Doc 3. Un manomètre électronique permet de mesurer la pression à deux profondeurs différentes.

Activité 3. Pourquoi un avion se maintient-il en vol ?

• Réaliser et observer

Réaliser une maquette d'aile d'avion

- Pour réaliser une maquette d'aile d'avion, plier une bande de papier de façon à avoir une partie avant bombée et coller ses deux extrémités [doc 4].
- Enfiler une règle dans la bande de papier et souffler sur la partie bombée.
- Observer le mouvement de l'aile.



Doc 4. La bande de papier est maintenue à l'aide d'une règle.

• Répondre aux questions

1. La feuille de papier pliée autour de la règle remonte-t-elle ?
2. La pression au-dessous de la feuille de papier est-elle supérieure ou inférieure à la pression au-dessus ?
3. Quels sont la direction et le sens de la force exercée par l'écoulement de l'air sur une aile d'avion ?

Mots clés
- Pression relative
- Pression absolue
- Poussée d'Archimède
- Centre de poussée
- Volume immergé
- Effet Venturi

1. Pression dans un liquide

La **pression** p due à une **force pressante**, $\vec{F}$, perpendiculaire à la surface pressée S est donnée par la formule :

$$p = \frac{F}{S}$$

pascal (Pa) ← p ; F → newton (N) ; S → mètre carré (m^2)

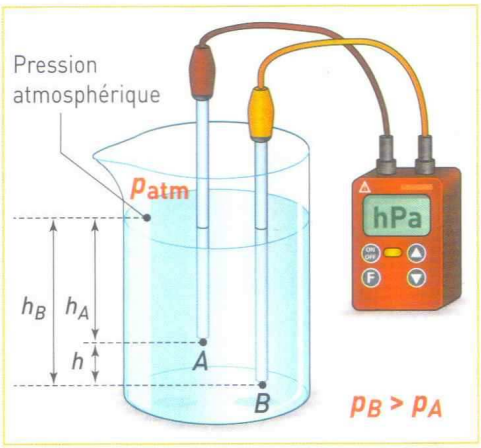
Dans la pratique, on utilise le bar et l'hectopascal : 1 bar = 10^5 Pa, 1 hPa = 100 Pa = 1 mbar.
La pression augmente avec la profondeur.

- La **différence de pression** $p_B - p_A$ entre deux points A et B d'un liquide au repos, est donnée par la relation :

$$p_B - p_A = \rho . g . h$$

ρ : kilogramme par mètre cube (kg/m^3) ; g : newton par kilogramme (N/kg) ; h : mètre (m) ; $p_B - p_A$: pascal (Pa)

ρ est la masse volumique du liquide, h la différence de profondeur et g l'intensité de la pesanteur.



- Si le point A est à la surface du liquide, on a : $p_A = p_{atm}$.

$p_B - p_{atm}$ est la **pression relative** : elle dépend seulement du liquide ;
p_B est la **pression absolue** : elle tient compte de la pression atmosphérique.

2. Poussée d'Archimède

La force de **poussée d'Archimède**, $\vec{F}_A$, due aux forces pressantes sur la surface de la coque du bateau, est appliquée au **centre de poussée** C (le centre de gravité du volume du liquide déplacé).

Principe de la poussée d'Archimède

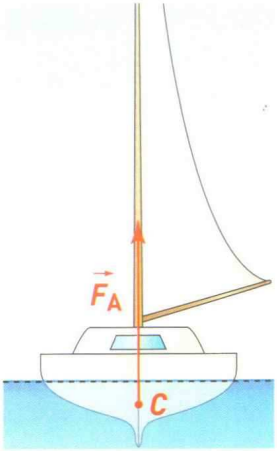
Tout corps immergé dans un fluide (liquide ou gaz), reçoit de la part de ce fluide une poussée verticale dirigée de bas en haut et dont la valeur est égale au poids du fluide déplacé.

Sa valeur F_A se calcule avec la formule :

$$F_A = \rho . g . V$$

ρ : kilogramme par mètre cube (kg/m^3) ; g : newton par kilogramme (N/kg) ; V : mètre cube (m^3) ; F_A : newton (N)

ρ est la masse volumique du fluide ; V est le volume du fluide déplacé ; g est l'intensité de la pesanteur.



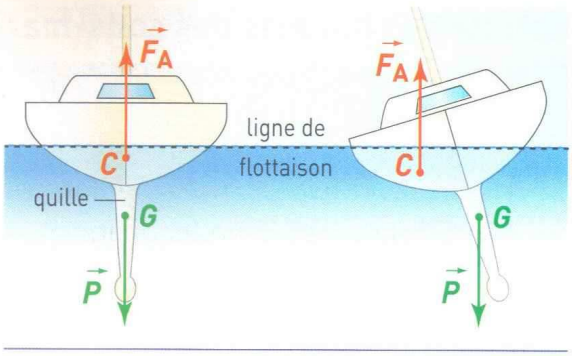
3. Applications

- **Conditions de flottabilité**

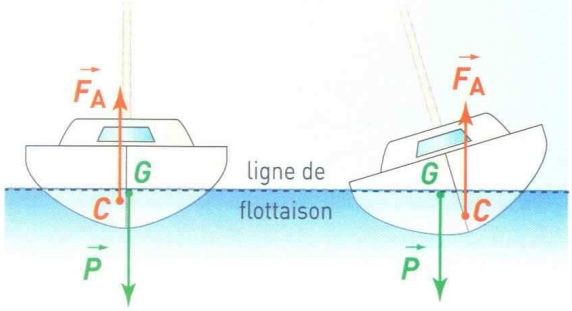
Un corps **flotte** si la valeur de son poids est égale à la valeur de la force de poussée d'Archimède.
Un corps **coule** si la valeur de son poids est supérieure à la valeur de la poussée d'Archimède.

- **Condition d'équilibre d'un corps flottant**

Le centre de poussée *C* est au-dessus du centre de gravité *G*.
Si les points ne sont pas alignés, le couple de forces formé tend à ramener le bateau dans la position verticale : **l'équilibre est stable.**



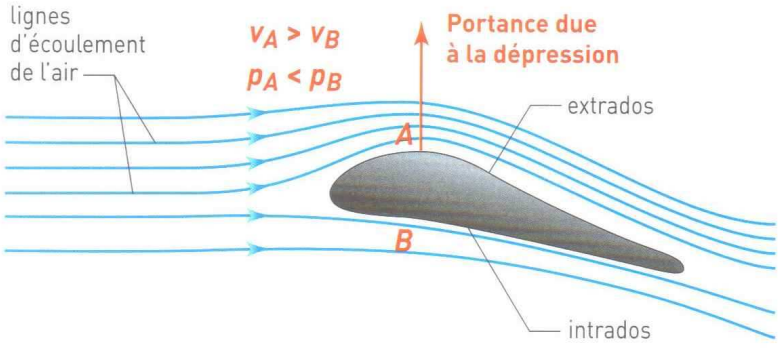
Le centre de gravité *G* est au-dessus du centre de poussée *C*.
Dès que les deux points ne sont plus alignés verticalement, l'effet du couple peut faire chavirer le bateau : **l'équilibre est instable.**



4. L'effet Venturi

L'effet Venturi est le nom donné à un phénomène où la pression d'un fluide diminue lorsque la vitesse de son écoulement augmente.

Application : Aile d'avion
Sur l'extrados d'une aile d'avion, la vitesse du fluide augmente et sa pression diminue. Il apparaît donc une zone de dépression au-dessus de l'aile qui aspire l'aile vers le haut : c'est la **portance.** Cette poussée verticale et dirigée vers le haut permet de compenser le poids de l'avion.

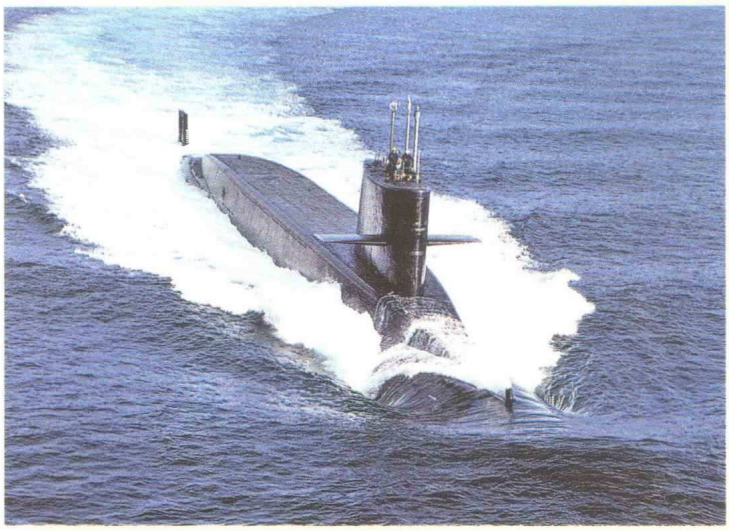


La pression de l'air au-dessous de l'aile est supérieure à la pression de l'air au-dessus de l'aile.

Documentation 3

À quels principes de la Physique obéissent les sous-marins ?

Quel est le rôle des ballasts des sous-marins ?



Le sous-marin nucléaire français : le Redoutable.

La navigation sous-marine obéit à deux grands principes : les principes de Pascal et d'Archimède.

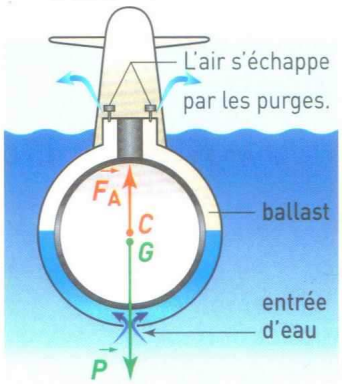
Selon le **principe de Pascal**, la pression augmente avec la profondeur. Dans l'eau, elle augmente de 1 bar tous les 10 mètres.

Appliqué aux sous-marins, ce principe permet de comprendre pourquoi les forces qui s'exercent sur leurs coques tendent à les écraser.
Les sous-marins possèdent deux coques de forme cylindrique :
- une coque intérieure épaisse en alliage d'acier ;
- une coque externe, dite coque légère.

• En immersion dans l'eau de mer, un sous-marin est soumis à deux forces :
– **son poids, $\vec{P}$**, appliqué au centre de gravité *G*, force verticale dirigée vers le bas : elle tend à faire descendre le sous-marin ;
– **la poussée d'Archimède, $\vec{F}_A$**, appliquée au centre du volume immergé (*C*), force verticale dirigée vers le haut : elle tend à faire remonter le sous-marin.

• *Pour plonger*, un sous-marin doit s'alourdir.
Pour cela, on remplit d'eau de mer des réservoirs appelés « **ballasts** ».
Les purges (vannes) dans la partie haute des ballasts sont ouvertes et l'eau entre par le bas et chasse l'air.
Le poids du sous-marin augmente lorsque l'eau entre dans les ballasts.
Le poids devient supérieur à la poussée d'Archimède et le sous-marin s'enfonce.
Arrivé à la profondeur d'immersion souhaitée, le sous-marin « se pèse », c'est-à-dire qu'il refoule de l'eau de manière que son poids soit juste équilibré par la poussée d'Archimède. Il flotte alors entre deux eaux.

Les ballasts se remplissent, le sous-marin s'enfonce.



• *Pour remonter à la surface*, les ballasts sont vidés en remplaçant l'eau de mer par de l'air comprimé.

Répondre aux questions :

1. Montrer que la pression dans l'eau augmente de 1 bar lorsqu'on descend de 10 m (voir le paragraphe 1 de l'essentiel).
2. Pourquoi la coque externe des sous-marins est-elle de faible épaisseur ?
3. Lors de la remontée à la surface d'un sous-marin, expliquer comment varient le poids du sous-marin et la poussée d'Archimède.