

# Chapitre 11

## La force d'Archimède

Une situation courante: on immerge un objet dans un liquide. Va-t-il flotter ou couler ? Cela dépend de l'intensité de la force d'Archimède qui s'oppose à la force de pesanteur.

### Mise en évidence de la force de pesanteur apparente

Il est plus facile de soulever un objet quand il est immergé dans l'eau.

On s'en rend compte si on suspend un objet à un dynamomètre en l'immergeant progressivement dans l'eau. Quand l'objet est complètement immergé, le dynamomètre indique l'intensité de la force de pesanteur apparente ( $F_{pap}$ ) de l'objet dans l'eau, inférieure à sa force de pesanteur dans l'air.

On interprète la diminution de la valeur indiquée par le dynamomètre par l'existence d'une poussée, résultante de toutes les forces pressantes exercées par l'eau sur l'objet immergé: la force d'Archimède ( $\vec{F}_A$ ).

La force de pesanteur apparente ( $\vec{F}_{pap}$ ) est la résultante de deux forces de sens opposés: la force de pesanteur ( $\vec{F}_p$ ) et la force d'Archimède ( $\vec{F}_A$ ).

### Caractéristiques de la force d'Archimède

#### Droite d'action

Elle est verticale puisque le fil de suspension reste vertical pendant l'immersion.

#### Sens

De bas en haut puisque la force d'Archimède s'oppose à la force de pesanteur.

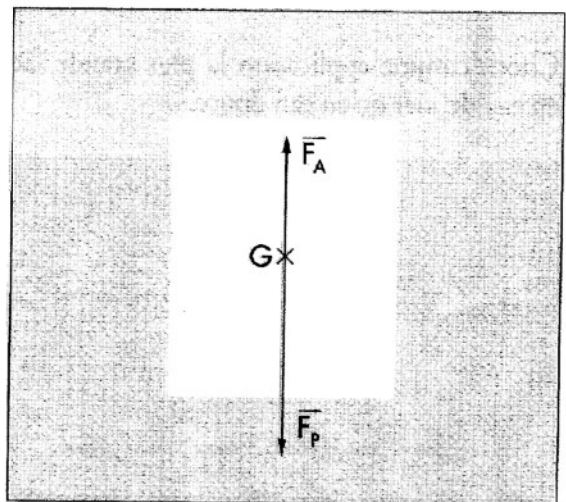
#### Intensité

Sa valeur ( $F_A$ ) est donnée par la différence entre l'intensité de la force de pesanteur réelle ( $F_p$ ) et l'intensité de la force de pesanteur apparente ( $F_{pap}$ ):

$$F_A = F_p - F_{pap}.$$

#### Point d'application

Par commodité, on choisit l'origine de la force d'Archimède au centre de gravité du liquide déplacé qu'on nomme aussi "centre de poussée".



Représentation vectorielle de la force d'Archimède et de la force de pesanteur.

### Influence de la nature du liquide

#### Les différents paramètres

L'expérience permet de vérifier que les paramètres suivants n'influencent pas sur la valeur de la force d'Archimède: force de pesanteur de l'objet, forme de l'objet, profondeur d'immersion.

Par contre, la masse volumique du liquide et le volume de l'objet immergé influencent la valeur de la force d'Archimède.

La force d'Archimède augmente si la masse volumique du liquide augmente.

Citons comme application la plus grande facilité à flotter en eau de mer qu'en eau douce.

### Influence du volume immergé

La force d'Archimède augmente si le volume immergé augmente.

L'immersion s'accompagne d'une montée du niveau du liquide dans le récipient.

Si on utilise un dispositif permettant de recueillir le liquide qui déborde, on constate que l'intensité de la force d'Archimède est égale à l'intensité de la force de pesanteur du liquide déplacé.

Cette propriété s'écrit algébriquement:  $F_A = \rho_{liq} \cdot g \cdot V$ , où  $V$  est le volume de liquide déplacé en  $[m^3]$  et  $\rho_{liq}$  est la masse volumique du liquide en  $[kg \cdot m^{-3}]$ .

### Remarque

Si le corps est totalement immergé,  $V$  représente le volume du corps. Si le corps n'est que partiellement immergé,  $V$  représente le volume de la partie immergée de ce corps.

### Corps flottant

Un morceau de bois ou de sagex flotte sur l'eau. Un boulon métallique coule dans l'eau mais flotte sur du mercure.

Un corps est maintenu totalement immergé dans un liquide; deux cas peuvent se présenter lorsqu'on le lâche:

A) sa force de pesanteur est inférieure à la force d'Archimède; il remonte à la surface jusqu'à ce que la poussée sur la partie immergée compense exactement la force de pesanteur; il flotte alors, car dans cette position  $F_A = F_p$ . Si le solide immergé et le liquide sont homogènes, il est possible de comparer leurs masses volumiques. On a dans ce cas  $\rho_{solide} < \rho_{liquide}$ .

B) Sa force de pesanteur est supérieure à la force d'Archimède. Il coule. On a dans ce cas  $\rho_{solide} > \rho_{liquide}$ .

### Force d'Archimède dans les gaz

Tout comme pour les liquides, il existe une force d'Archimède dans les gaz. Son intensité est en général inférieure à celle de la force de pesanteur des corps, ce qui explique que les solides et les liquides tombent dans les gaz, alors que les gaz montent dans les liquides.

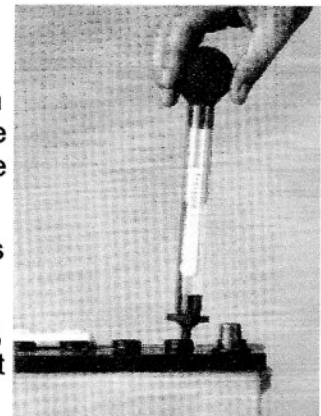
Enfin, lorsqu'un gaz est placé dans un autre gaz, il peut monter ou descendre, suivant les conditions. Ainsi des bulles de savon tombent dans l'air ambiant, mais flottent dans un récipient rempli de gaz carbonique, de masse volumique plus élevée.

### Densimètre

Un tube à essai lesté est placé dans l'eau salée, puis dans l'eau et enfin dans l'alcool: il s'enfonce de plus en plus. En effet, pour que la force d'Archimède compense la force de pesanteur, le volume immergé doit être de plus en plus grand.

Un corps flottant s'enfonce davantage dans un liquide de densité plus faible.

Un densimètre est un flotteur constitué d'un lest surmonté d'une tige fine, graduée. Plus le liquide est dense, moins le densimètre s'enfonce. Il suffit de lire la graduation pour connaître la masse volumique (ou la densité).



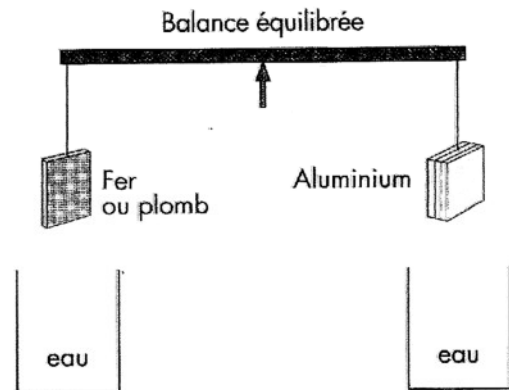
## **Exercices sur le chapitre 11**

### **La force d'Archimède**

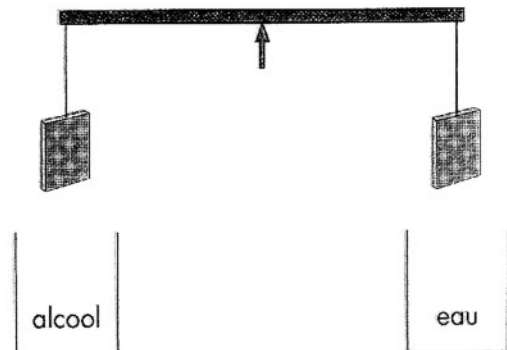
1. Vrai ou faux ?
  - La force d'Archimède sur un corps immergé ne dépend que de la nature du liquide.
  - La force d'Archimède s'exerce verticalement, de bas en haut.
  - Plus son volume est grand, plus la force d'Archimède sur le corps immergé est importante.
  - La force d'Archimède sur un corps ne peut jamais être supérieure à la force de pesanteur de ce corps.
  - Il existe au moins un liquide sur lequel un boulon en acier flotte.
  
2. La force d'Archimède est la résultante des forces pressantes exercées par un fluide sur la surface d'un objet.  
D'autre part, dans un liquide, la pression augmente avec la profondeur.  
Peut-on en déduire que, dans un liquide, l'intensité de la force d'Archimède augmente avec la profondeur ?
  
3. Lorsqu'on casse une pierre en deux, la surface totale des deux morceaux est plus grande que celle de la pierre.  
La force d'Archimède est la résultante des forces pressantes exercées sur la surface d'un corps.  
Est-il juste de conclure que la force d'Archimède totale s'exerçant sur les deux morceaux de la pierre est plus grande que celle qui s'exerçait sur la pierre avant qu'on ne la casse ?
  
4. Choisir les bonnes réponses:  
Une bulle de gaz se forme au fond d'un étang et remonte à la surface. La force d'Archimède que subit cette bulle:
  - A) est pratiquement nulle car la force de pesanteur du gaz est négligeable;
  - B) augmente au cours de l'ascension car la pression diminuant, le volume de la bulle augmente;
  - C) diminue au cours de l'ascension car la pression diminuant, la force de pesanteur de l'eau déplacée diminue;
  - D) est nulle car elle est compensée par la force de frottement de l'eau durant l'ascension.

5. Choisir les bonnes réponses:  
 Un ballon gonflé à l'hélium monte dans l'air car:  
 A) à pression égale, l'hélium est plus léger que l'air;  
 B) la pression de l'hélium sur les parois intérieures de ballon crée des forces pressantes dont la résultante, dirigée vers le haut, est supérieure à la force d'attraction terrestre que subit le ballon;  
 C) la pression de l'air sur les parois extérieures du ballon crée des forces pressantes dont la résultante, dirigée vers le haut, est supérieure à la force d'attraction terrestre que subit le ballon;  
 D) le ballon est aspiré par le vide d'air qui règne au-dessus de l'atmosphère.

6. Lorsqu'on immerge le fer et l'aluminium dans l'eau:  
 A) la balance reste équilibrée:  
 B) descend du côté de l'alu:  
 C) descend du côté du fer.  
 Justifier le choix de la réponse.



7. Les deux objets sont identiques. Lorsqu'on les plonge, l'un dans l'alcool et l'autre dans l'eau...  
 A) la balance reste équilibrée:  
 B) descend du côté de l'eau;  
 C) descend du côté de l'alcool  
 Justifier le choix de la réponse.



8. L'intensité de la force de pesanteur d'un objet vaut 0,54 N. L'intensité de sa force de pesanteur apparente, quand il est immergé dans de l'eau, vaut 0,34 N.  
 Cet objet est-il creux si la masse volumique de la matière dont il est fait vaut  $2700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ?  
 Note: arrondir g à  $10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .