

La **poussée d'Archimède** est la force particulière que subit un corps plongé en tout ou en partie dans un fluide (liquide ou gaz) soumis à un champ de gravité.

Cette force provient de l'augmentation de la pression du fluide avec la profondeur (effet de la **gravité** sur le **fluide**, voir l'article hydrostatique) : la **pression** étant plus forte sur la partie inférieure d'un **objet** immergé que sur sa partie supérieure, il en résulte une poussée globalement **verticale** orientée vers le haut.

Cette poussée définit la **flottabilité** d'un corps.

### Formulation du théorème d'Archimède

**Tout corps plongé dans un fluide, entièrement mouillé par celui-ci ou traversant sa surface libre, subit une force verticale, dirigée de bas en haut et égale au poids du volume de fluide déplacé ; cette force est appelée " poussée d'Archimède ".**

Dans un **champ** de gravité uniforme, la poussée d'Archimède  $P_A$  est toujours **donnée** par la formule suivante :

$$P_A = \rho V g .$$

La poussée d'Archimède  $P_A$  s'exprimera en newton (N) si la masse volumique  $\rho$  est en  $\text{kg/m}^3$ , le volume de fluide déplacé  $V$  en  $\text{m}^3$  et la valeur de la pesanteur  $g$  en  $\text{N/kg}$  (ou  $\text{m/s}^2$ ).

### Exemple d'un solide flottant à la surface d'un liquide

Considérons un solide de volume  $V$  et de masse volumique  $\rho_S$  flottant à la surface d'un liquide de masse volumique  $\rho_L$ . Si le solide flotte, c'est que son poids est équilibré par la poussée d'Archimède :

$$F_a = F_p .$$

La poussée d'Archimède étant égale (en grandeur) au poids du volume de liquide déplacé (équivalent au volume  $V_i$  immergé), on peut écrire :

$$\rho_L V_i g = \rho_S V g .$$

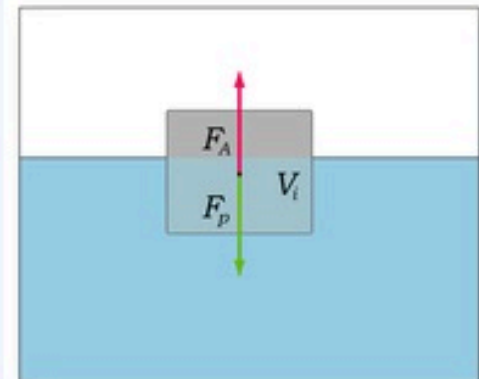
Le volume immergé vaut donc

$$V_i = (\rho_S / \rho_L) V .$$

Puisque  $V > V_i$ , il s'ensuit que  $\rho_S < \rho_L$ .

### Application au cas d'un iceberg :

Considérons un morceau de glace pure à  $0^\circ\text{C}$  flottant dans de l'**eau de mer**. Soit  $\rho_S = 0,917 \text{ kg/dm}^3$  et  $\rho_L = 1,025 \text{ kg/dm}^3$  (on aurait  $\rho_L = 1,000 \text{ kg/dm}^3$  pour de l'eau pure à  $3,98^\circ\text{C}$ ). Le rapport  $\rho_S / \rho_L$  (c'est-à-dire la densité relative) est de 0,895, si bien que le volume immergé  $V_i$  représente près de 90% du volume **total**  $V$  de l'iceberg.



La poussée d'Archimède équilibre le poids du solide.

En réalité, le **point d'application**<sup>[2]</sup> de la poussée d'Archimède devrait se trouver au centre du volume immergé, donc plus bas que le centre de gravité du solide.

### Exemple d'un solide entièrement immergé

Immergeons entièrement un solide de volume  $V$ , de masse  $m$  et de masse volumique  $\rho$  dans un fluide de masse volumique  $\rho_f$  uniforme, puis relâchons-le à partir du repos. Au départ, la **vitesse** étant nulle, deux forces seulement agissent sur le solide : son poids  $F_p$  (vers le bas) et la poussée d'Archimède  $F_a$  (vers le haut).

$$F_p = \rho V g$$

$$F_a = \rho_f V g$$

$$F_p / F_a = \rho / \rho_f$$

Le rapport des masses volumiques est en l'occurrence équivalent à celui des densités.

- Si la densité du solide est supérieure à celle du fluide, alors  $F_p > F_a$  et le solide coule.
- Si la densité du solide est égale à celle du fluide, alors  $F_p = F_a$  et le solide demeure immobile ; il est en équilibre neutre ou indifférent.
- Si la densité du solide est inférieure à celle du fluide, alors  $F_p < F_a$  et le solide remonte vers la surface.

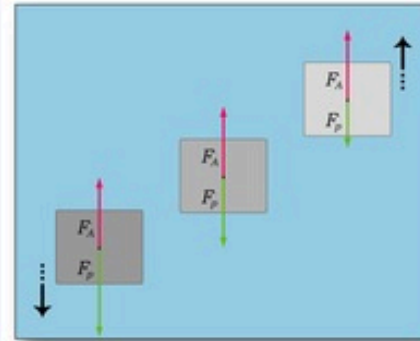
Dans les deux cas où le solide n'est pas en équilibre, son mouvement ultérieur est déterminé par trois forces : son poids, la poussée d'Archimède (opposée au poids) et une force de **frottement** visqueux  $F_f$  (opposée à la vitesse).

Selon la deuxième loi du mouvement de Newton, on a alors :

$$F_p - F_a \pm F_f = m a \quad (\text{le sens positif est vers le bas})$$

où  $a$  est l'accélération du solide.

Comme la force de frottement visqueux n'est pas constante, mais qu'elle augmente avec la vitesse, l'accélération diminue graduellement, de sorte que le solide atteint<sup>[1]</sup> plus ou moins rapidement une vitesse limite, lorsque la résultante des forces est nulle.



Trois solide de densités différentes peuvent subir une poussée d'Archimède inférieure, égale ou supérieure à leur poids.



## Autres exemples d'application de la Poussée d'Archimède

- Le principe d'Archimède s'applique à des fluides, c'est-à-dire aussi bien à des liquides qu'à des gaz. C'est ainsi grâce à la poussée d'Archimède qu'une montgolfière ou un dirigeable peuvent s'élever dans les airs (dans les deux cas, un gaz de masse volumique plus faible que l'air est utilisé, que ce soit de l'air chauffé ou bien de l'hélium).
- Un plongeur se met à " couler " vers -12 m dans l'Atlantique ou la Méditerranée car sa densité augmente avec la profondeur (à cause de la compression croissante, particulièrement des bulles contenues dans le néoprène de sa combinaison : sa masse ne change pas mais son volume diminue) jusqu'à atteindre et dépasser celle du milieu ambiant.
- L'eau douce ayant une masse volumique plus faible que l'eau salée, la poussée d'Archimède est plus forte dans la mer Morte (mer la plus salée du monde) que dans un lac. Il est donc plus facile d'y flotter.
- Les spationautes s'entraînent aux exercices dans l'espace dans des piscines où, grâce à la poussée d'Archimède qui équilibre leur poids, ils peuvent connaître un état qui s'apparente jusqu'à un certain point à l'impesanteur.
- Le poids des navires (et donc leur masse volumique) variant suivant qu'ils soient en charge ou sur lest, la poussée d'Archimède va également varier. Pour maintenir un niveau de flottaison (tirant d'eau) constant et assumer une meilleure stabilité, les navires sont pourvus de ballasts qu'ils peuvent remplir ou vider suivant leur cargaison ou la salinité de l'eau dans laquelle ils naviguent. (Voir aussi carène).
- Les sous-marins contrôlent leur masse volumique en utilisant également des ballasts.



La salinité de la mer Morte permet à une personne de flotter tout en étant assise