

2.9 Flottement des corps dans un liquide

2.9.1 Principe d'Archimède

Le principe d'Archimède s'énonce comme suit :

Tout corps plongé totalement ou partiellement dans un fluide, reçoit de la part de ce fluide une force de poussée, dirigée du bas vers le haut, cette force est appelée « poussée d'Archimède » dont l'intensité est égale au poids du volume de fluide déplacé.
Donc, la résultante verticale des forces exercées par un fluide sur la surface d'un corps immergé est égale au poids total du fluide déplacé, et est dirigée du bas vers le haut.

W : poids du corps
F_p : poussée d'Archimède
H : Hauteur totale du corps
h_{sub} : Hauteur submergée du corps

$$W = m \cdot g = \rho_c \cdot g \cdot V_c$$

Avec :

ρ_c : masse volumique du corps

V_c : Volume total du corps

$$F_p = \rho_f \cdot g \cdot V_{sub}$$

Avec :

ρ_f : masse volumique du liquide

V_{sub} : Volume de la partie immergée du corps (volume du liquide déplacé par le corps)

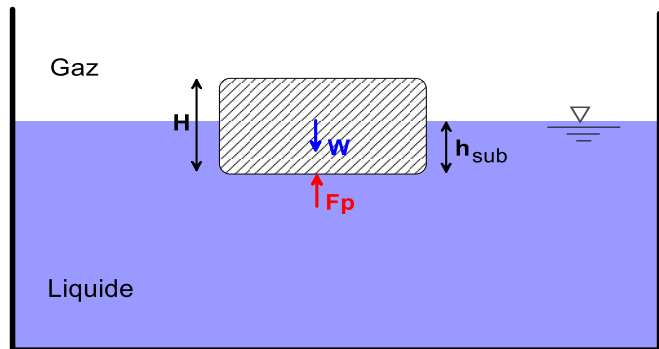


Fig. 2.16 : Principe d'Archimède

Lorsque le corps est en équilibre, la somme des forces verticales égale à zéro

$$\sum \vec{F}_{/y} = \vec{0} \Rightarrow W + F_p = 0 \text{ , ce qui donne } \cancel{\rho_f \cdot g \cdot V_{sub}} = \cancel{\rho_c \cdot g \cdot V_c} \Rightarrow \rho_f \cdot V_{sub} = \rho_c \cdot V_c$$

2.9.2 Flottabilité des corps

On appelle flottabilité d'un corps, c'est sa propriété de rester insubmersible sous des conditions données. Trois cas peuvent se rencontrer (fig. 2.16):

- $F_p > W$: si le poids du corps « W » est inférieur à la poussée « F_p », le corps s'immerge et se rapproche à la surface (le corps émerge)
- $F_p = W$: si le poids du corps « W » est le même que la poussée « F_p », le corps flotte en état immergé
- $F_p < W$: si le poids du corps « W » est supérieur à la poussée « F_p », le corps s'immerge et se rapproche au fond (le corps se noie)

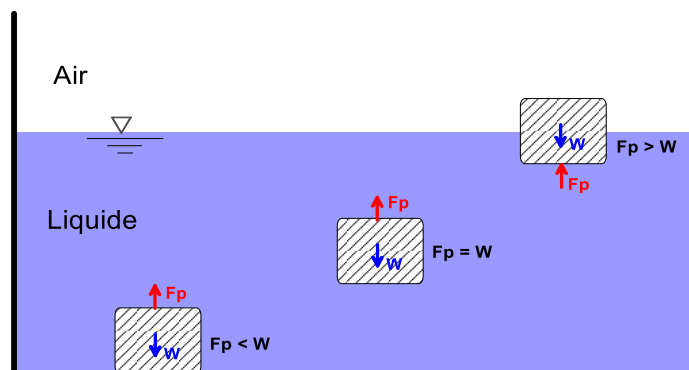


Fig. 2.17 : Condition du flottement des corps

2.9.3 Equilibre des corps flottants

Il est très important de calculer avec exactitude l'état d'équilibre d'un corps immergé, sa stabilité est directement fonction des moments de force créés par la force d'Archimède et celle du poids du corps.

Si le corps est en équilibre, le poids du corps « W » et la poussée d'Archimède « Fp » sont égaux et en opposés, et situés sur le même axe vertical (a). Si ces trois conditions ne sont pas satisfaites (W ≠ Fp, W et Fp non opposés, W et Fp ne sont pas situés sur le même axe vertical (b), le corps ne sera en mouvement et s'incline.

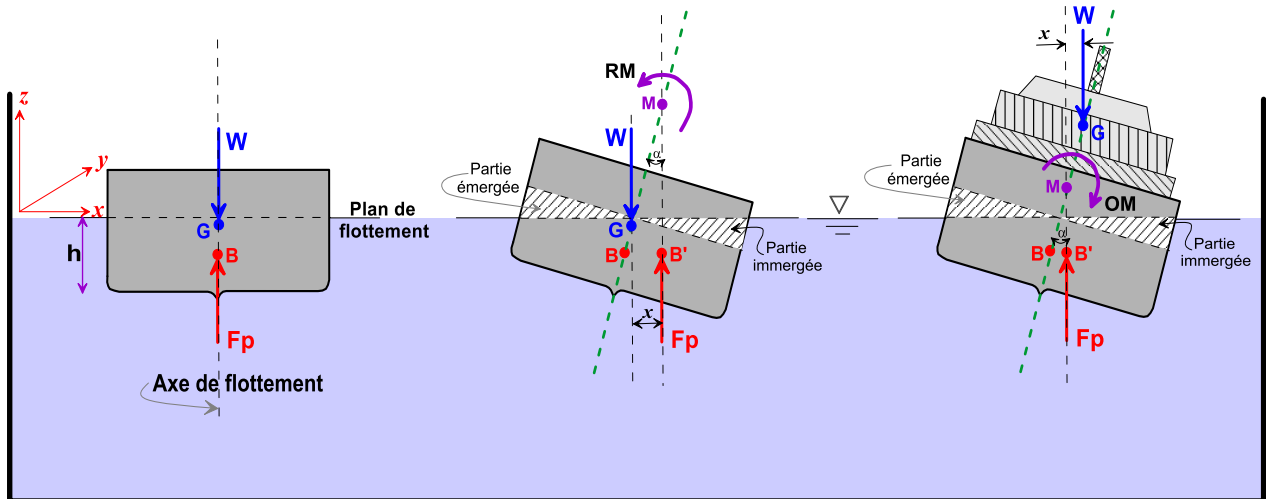


Fig. 2. 18 : Stabilité d'un corps flottant

B : c'est le centre de gravité du volume du liquide déplacé, appelé centre de carène

G : c'est le centre de gravité du corps

Le plan de la surface libre de l'eau traversant le corps est appelé : plan de flottement

La profondeur d'enfoncement « h » est appelée : tirant d'eau

Le volume du liquide déplacé par le corps est appelé : volume de carène

L'équilibre des corps flottants est fonction de la position relative du Métacentre « M » par rapport au centre de gravité « G » et du centre de carène « B ».

- Si « M » se trouve au-dessus de « G » et « B » c'est un équilibre stable (position stable).
- Si « M » se trouve au-dessous de « B » ou « G » c'est un équilibre instable (position stable).
- Si « M » se trouve superposée à « G » c'est un équilibre neutre.

La position du métacentre « M » est déterminée par la formule : $\overline{MB} = I_{yy}/V$,

Avec

I_{yy} : le moment d'inertie de la surface délimitée par la ligne de flottaison (plan de flottement);

V : le volume de la carène (volume du liquide déplacé).

Pour que le corps soit stable, il faut que $\overline{MB} > \overline{GB}$