

Cours de Plongée Sous-Marines Niveau 2
La Poussée d'Archimède

Maxime **Chambreuil**
maxime.chambreuil@free.fr

25 janvier 2003

Table des matières

1	Données Physiques	3
1.1	Les constantes	3
1.1.1	Le poids de l'air	3
1.1.2	L'attraction terrestre	3
1.1.3	La pression atmosphérique	3
1.1.4	La relation Pression - Volume	3
1.2	Les formules	4
1.2.1	La pression	4
1.2.2	La pression absolue	4
1.2.3	La densité	4
2	La Poussée d'Archimède	5
2.1	La formule	5
2.2	Mise en évidence	5
2.3	La flottabilité	5
3	Exercices	6
3.1	Dans la bassine	6
3.1.1	Exercice 1	6
3.1.2	Exercice 2	6
3.2	Dans la baignoire	7
3.2.1	Exercice 3	7
3.2.2	Exercice 4	7
3.3	Dans la piscine	7
3.3.1	Exercice 5	7
3.4	En mer	8
3.4.1	Exercice 6	8
3.4.2	Exercice 7	9

4 Conclusion : Pour aller plus loin...	10
4.1 Centre de gravité au-dessus	10
4.2 Centre de poussée au-dessus	11

Chapitre 1

Données Physiques

1.1 Les constantes

1.1.1 Le poids de l'air

On considèrera qu'un litre d'air pèse 1 gramme :

$$1 L \rightarrow 1 g$$

1.1.2 L'attraction terrestre

L'attraction terrestre est de 9,81 Newton par kilogramme, elle sera considérée comme constante en tout point. La variation dû à l'altitude est donc négligeable :

$$g = 9,81 N/kg$$

1.1.3 La pression atmosphérique

La pression atmosphérique à la surface de l'eau est égal à 1 bar :

$$P_{atm} = 1 bar = 1 \text{ hectopascal} = 10^5 \text{ pascal}$$

1.1.4 La relation Pression - Volume

D'après l'équation d'état des gazs parfaits, on a :

$$PV = NKT$$

P : Pression

V : Volume

N : Nombre de particule du gaz

R : Constante de Boltzmann

T : Température

On en déduit qu'à température constante, le produit Pression - Volume est constant :

$$PV = \text{constante}$$

1.2 Les formules

1.2.1 La pression

La pression est une force appliquée sur une surface donnée :

$$\text{Pression} = \frac{\text{Force}}{\text{Surface}}$$

1.2.2 La pression absolue

La pression est la somme de toutes les pressions appliquées sur un solide par un autre ou un fluide (liquide ou gaz). Pour un plongeur, on a donc :

$$P_{abs} = P_{air} + P_{eau}$$

La pression est toujours relative à un milieu environnant.

1.2.3 La densité

La densité d d'un corps est le rapport entre son poids et son volume :

$$d = \frac{\text{Poidsreel}}{\text{Volume}}$$

Chapitre 2

La Poussée d'Archimède

2.1 La formule

$$Poids\ apparent = Poids\ reel - Poussee\ d'Archimede$$

2.2 Mise en évidence

Sur une inspiration, le poids apparent augmente, donc la poussée d'Archimède augmente. Sur une expiration, le poids apparent diminue, donc la poussée d'Archimède aussi..

2.3 La flottabilité

Si le poids apparent est négatif, la flottabilité est positive : Le niveau de l'eau est à la moitié d'un bouchon de liège.

Si le poids apparent est nul, la flottabilité est positive : Le bouchon est lesté, la surface supérieure du bouchon est au même niveau que l'eau.

Si le poids apparent est positif, la flottabilité est négative : On augmente le lest, le bouchon coule.

Chapitre 3

Exercices

3.1 Dans la bassine

3.1.1 Exercice 1

Dans une bassine remplie d'eau jusqu'à ras bord, on plonge un poids de 1 kg. On récolte l'eau qui déborde lors de l'immersion dans un doseur : on a 1 L d'eau.

On a donc un poids réel de 1 kg (poids du corps) et une poussée d'Archimède de 1 kg (1 L d'eau récolté).

On applique la formule d'Archimède :

$$P_{app} = 1 \text{ kg} - 1 \text{ kg} = 0$$

Le poids apparent est nul, donc la flottabilité est positive : La surface supérieure de l'objet est à la surface de l'eau (L'objet ne dépasse pas).

3.1.2 Exercice 2

Dans la même bassine, on met cette fois un poids de 3 kg et on récolte toujours 1 L d'eau.

On a donc un poids réel de 3 kg (poids du corps) et une poussée d'Archimède de 1 kg (1 L d'eau récolté).

$$P_{app} = 3 \text{ kg} - 1 \text{ kg} = 2 \text{ kg}$$

Le poids apparent est positif, donc la flottabilité est négative : L'objet coule.

3.2 Dans la baignoire

3.2.1 Exercice 3

Dans une baignoire rempli d'eau, une personne de 85 kg s'immerge et 84,5 litres d'eau débordent.

On a donc un poids réel de 85 kg (poids de la personne) et une poussée d'Archimède de 84,5 kg (84,5 L d'eau récolté).

$$P_{app} = 85 \text{ kg} - 84,5 \text{ kg} = 0,5 \text{ kg}$$

Le poids apparent est positif, donc la flottabilité est négative : La personne coule.

3.2.2 Exercice 4

Dans la même baignoire, une personne de 55 kg s'immerge 55,7 litres d'eau débordent.

On a donc un poids réel de 55 kg (poids de la personne) et une poussée d'Archimède de 55,7 kg (55,7 L d'eau récolté).

$$P_{app} = 55 \text{ kg} - 55,7 \text{ kg} = -0,7 \text{ kg}$$

Le poids apparent est négatif, donc la flottabilité est positive : La personne flotte.

3.3 Dans la piscine

3.3.1 Exercice 5

Dans une piscine rempli d'eau, une personne s'immerge avec son bloc. Le bloc à vide pèse 17 kg. Le bloc est plein de 2 400 L d'air. Le plongeur avec son bloc plein pèse 90 kg.

Poids du plongeur

Soit h le poids du plongeur, que l'on va chercher à calculer.

On sait qu'on a 2 400 L d'air, c'est-à-dire 2,4 kg d'air.

En ajoutant le poids du plongeur, de la bouteille et de l'air, on obtient :

$$P_{total} = h + 17 \text{ kg} + 2,4 \text{ kg} = 90 \text{ kg}$$

On a donc :

$$h = 90 \text{ kg} - 17 \text{ kg} - 2,4 \text{ kg} = 70,6 \text{ kg}$$

Poids apparent

Lors de son immersion, 88,5 L d'eau sortent de la piscine.

On a donc un poids réel de 90 kg (poids total du plongeur) et une poussée d'Archimède de 88,5 kg (88,5 L d'eau récolté).

$$P_{app} = 90 \text{ kg} - 88,5 \text{ kg} = 1,5 \text{ kg}$$

Le poids apparent est positif, donc la flottabilité est négative : La personne coule.

Temps d'annulation de la flottabilité

Le plongeur consomme 20 L d'air par minute. La quantité d'air dans son bloc va donc diminuer, et son poids total aussi.

Soit t le temps de plongée à partir duquel la flottabilité du plongeur sera nulle.

Le poids apparent est de 1,5 kg, soit 1 500 L d'air. A la date t , le plongeur aura donc consommé ses 1 500 L d'air nécessaire à l'annulation de sa flottabilité.

$$20 \text{ L} \rightarrow 1 \text{ minute}$$

$$1\,500 \text{ L} \rightarrow t \text{ minutes}$$

A l'aide d'un produit en croix, on a :

$$t = \frac{1\,500 \text{ L} \times 1 \text{ minute}}{20 \text{ L}} = 75 \text{ minutes}$$

3.4 En mer

3.4.1 Exercice 6

On immerge un solide de 1 L, qui pèse 2 kg.

On a donc un poids réel de 2 kg (poids du solide) et une poussée d'Archimède de 1 kg (Le volume du solide est de 1 L).

$$P_{app} = 2 \text{ kg} - 1 \text{ kg} = 1 \text{ kg}$$

Le solide coule.

3.4.2 Exercice 7

On immerge un solide de 10 L et de densité 2 kg/L.

La poussée d'Archimède sera de 10 kg (10 L d'eau déplacé).

Son poids réel est de :

$$P_{reel} = 10 L \times 2 kg/L = 20 kg$$

Son poids apparent est de :

$$P_{app} = 20 kg - 10 kg = 10 kg$$

Le solide coule.

Chapitre 4

Conclusion : Pour aller plus loin...

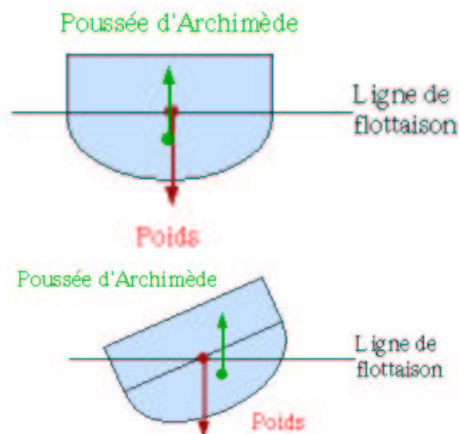
La poussée d'Archimède s'applique sur toutes les surfaces d'un corps en contact avec l'eau.

On peut modéliser la poussée d'Archimède comme une force qui s'applique au centre de gravité de la partie immergée du solide.

On fera de même avec le poids du solide qui s'applique au centre de gravité du solide.

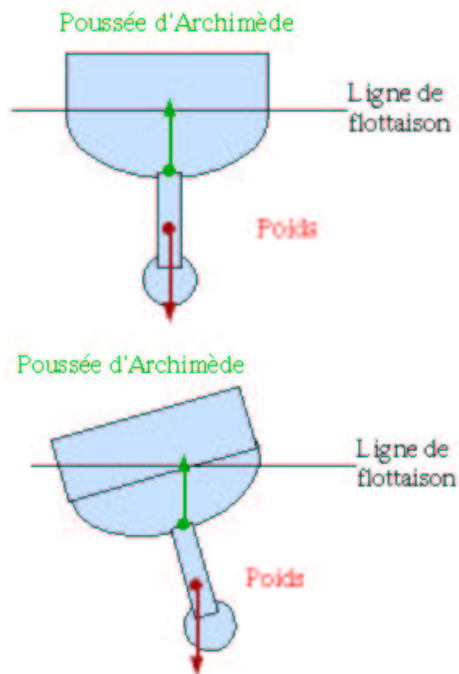
On mettra ainsi en évidence l'utilité des quilles sur un bateau.

4.1 Centre de gravité au-dessus



On comprend vite que le bateau se renverse dès que les 2 points ne sont plus alignés verticalement.

4.2 Centre de poussée au-dessus



Si les points ne sont plus alignés, les forces ont tendance à les remettre dans l'alignement.