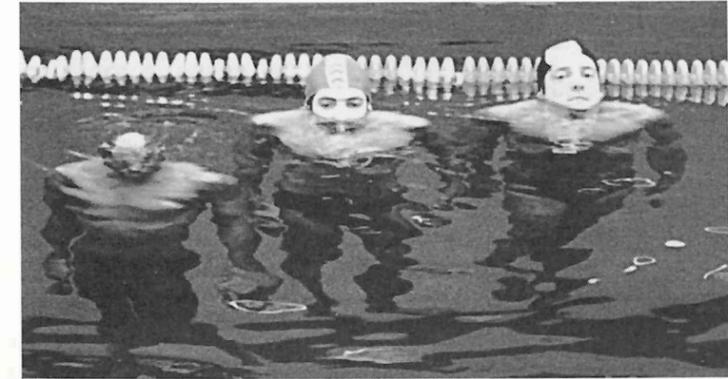


## 2. La flottaison

---



La flottaison correspond à une forme d'équilibre statique dans le milieu aquatique qui suppose une partie corporelle immergée alors qu'une autre partie est émergée. Cet équilibre spécifique est, dans le cas de l'homme, à axe vertical. Le segment corporel émergé se limite alors à une partie plus ou moins grande de la tête, le plus grand volume corporel est en revanche immergé.

### Forces de pesanteur et de poussée d'Archimède

Afin d'analyser les principes fondamentaux de la flottaison du corps dans l'eau, il semble utile de rappeler, au préalable, quelques informations théoriques : un corps ou un objet, équilibré ou non dans l'eau, est soumis à un certain nombre de forces.

Tout corps solide, liquide ou gazeux a une masse  $m$  caractéristique de la quantité de matière qu'il contient, et un poids  $P_g$  proportionnel à sa masse, tel que :  $P_g = mg$ . Le poids  $P_g$  d'un corps est la force attractive que la terre exerce sur le corps ; on dit encore que  $P_g$  est une force de pesanteur. Cette force de pesanteur est de direction verticale et s'exerce du haut vers le bas.

Cette force est appliquée au centre de gravité  $G$  (point d'application de la résultante des actions de pesanteur sur tous les points de ce corps). Sur un appui solide, un corps est en équilibre lorsque le centre de gravité se projette à l'intérieur de la base de sustentation (*fig. 2*).

Dans un milieu liquide, une autre force intervient : la poussée d'Archimède  $P_a$ . En effet, tout corps immergé dans un liquide en équilibre subit de la part de ce liquide une poussée opposée au poids du volume du liquide déplacé.

Cette force de poussée est de direction verticale et s'exerce du bas vers le haut. Son point d'application correspond au centre géométrique du volume de liquide déplacé encore appelé centre de poussée (*fig. 3*).

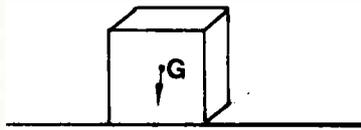


Figure 2. Force de pesanteur appliquée au centre de gravité (G)

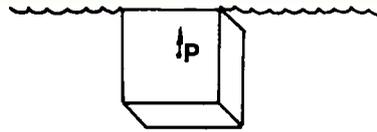


Figure 3. Poussée d'Archimède appliquée au centre de poussée (P)



Figure 4. Centre de gravité et centre de poussé confondus dans le cas d'une figure homogène et symétrique

Ces deux forces (pesanteur et poussée d'Archimède) orientées en sens inverse, n'agissent donc pas sur le même point, sauf dans le cas d'un solide homogène et symétrique. Le centre de gravité et le centre de poussée sont alors confondus (fig. 4).

## Flottabilité du nageur

La flottabilité d'un nageur dans l'eau est déterminée par les densités relatives du milieu et du sujet. La densité du corps humain qui est très proche de l'unité, est le rapport de son poids à son volume. Si la force de gravité ( $P_g$ ) appliquée au centre de gravité du corps est supérieure à la poussée d'Archimède ( $P_a$ ), le corps coule. Si  $P_a$  est supérieure ou égale à  $P_g$ , le corps reste en surface, plus ou moins immergé. On a ainsi une plus ou moins grande flottabilité.

Par exemple, si un individu qui pèse 70 kg, a un volume corporel de 73 litres (donc 73 litres de volume de liquide déplacé, dans l'eau de densité 1, alors la poussée d'Archimède est de 73 kg) : il flotte. Le volume de la partie émergée est égal à la différence poussée d'Archimède moins poids corporel. Par exemple, pour le sujet décrit :  $73 - 70 = 3$  litres dans la mesure où, en statique l'équilibre se réalise à égalité des forces, 70 kg de pesanteur contre 70 kg de poussée d'Archimède.

On s'aperçoit que le même homme immergé dans un liquide plus dense, par exemple de l'eau salée de densité supérieure à 1, déplaçant 73 litres, subira une poussée d'Archimède de plus de 73 kg, il flottera donc mieux dans ce liquide.

## Niveaux de flottaison du nageur

Il est possible de connaître son volume corporel (soit en inspiration, soit en expiration) en mesurant le nombre de litres d'eau déplacés par l'immersion du corps. Une précision satisfaisante peut être obtenue par un système de mesure peu élaboré : des repères précis pris avant et après immersion du corps dans une baignoire permettent de déterminer le volume corporel.

Pour tester le niveau de flottabilité d'un sujet en inspiration, trois principales techniques sont utilisées :

- la mesure du poids dans l'eau du sujet immergé,
- l'addition de poids sur le dos d'un sujet qui flotte corps groupé jusqu'à obtenir le seuil d'immersion complète,
- un système de repérage par point anatomique du niveau de flottaison. Ce test utilisé dans une batterie d'évaluation et de détection consiste à demander au sujet de stabiliser son corps en position d'équilibre statique vertical afin de repérer de l'extérieur le niveau de flottaison : une flottaison médiocre situe l'eau jusqu'au front alors qu'une bonne flottaison situe celle-ci au menton, un niveau moyen est situé au niveau des yeux.

De très grandes différences inter-individuelles sont détectées. Celles-ci dépendent du sexe, de l'âge (par exemple, un adolescent flotte mieux qu'une personne âgée)...

Toutes les techniques de mesure de la flottabilité sont réalisées en inspiration forcée : en expiration tous les sujets humains coulent (*fig.5*).

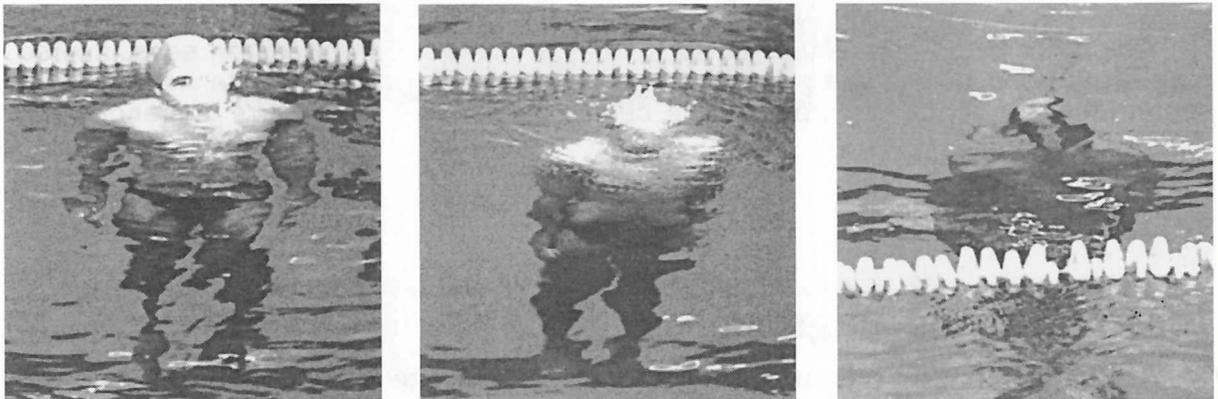


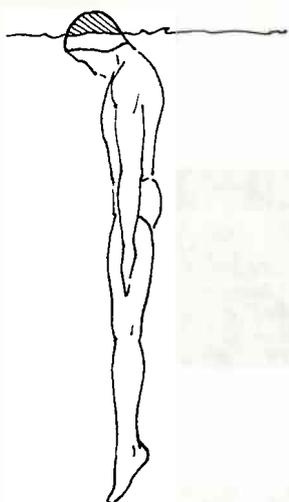
Figure 5. Lorsqu'un nageur en équilibre vertical expire, il coule.

Pour expliquer ce phénomène, reprenons l'exemple initial de l'individu de 70 kg qui a un volume corporel de 73 litres (en inspiration), s'il est dans l'eau, sa flottabilité est de 3 litres, s'il expire 4 litres d'air son poids ne varie pratiquement pas, par contre, son volume corporel (lié à la variation du volume thoracique) se réduit de 4 litres : il a alors un volume corporel de  $73 - 4 = 69$  litres. Sa flottabilité sera alors négative : il coule.

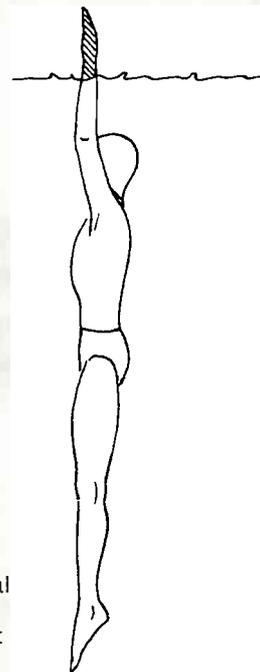
Il est donc possible de considérer qu'un individu flotte d'autant mieux que sa capacité inspiratoire est importante et que sa densité corporelle est faible. Chaque individu possède, lorsqu'il est en équilibre statique vertical, un volume corporel qui reste émergé (*fig. 6*) sauf dans le cas d'individus particulièrement denses. Ce volume corporel spécifique permettant de conserver une petite partie du corps hors de l'eau, doit être géré efficacement afin d'organiser sa respiration. Par exemple, lorsque le sujet lève les bras (*fig. 7*) et se stabilise dans cette position, le volume corporel émergé correspond à une partie, proportionnelle à la flottaison de base de ses membres supérieurs, il a alors la tête sous l'eau (*fig. 8*).

Dans ce cadre un exemple particulièrement significatif est présenté par Counsilman, alors professeur de physiologie à l'Université d'Indiana et ancien entraîneur de l'équipe nationale américaine de natation. Il écrivait en 1975, que deux anciens détenteurs de records du monde illustraient les extrêmes au point de vue flottaison : « Tom Stock, détenteur du record du monde en dos crawlé, possédait une si bonne flottabilité qu'il pouvait flotter, lorsqu'il était sur le dos, en position horizontale ; alors que Chet Jastremski, détenteur du record du monde en brasse, ne pouvait flotter

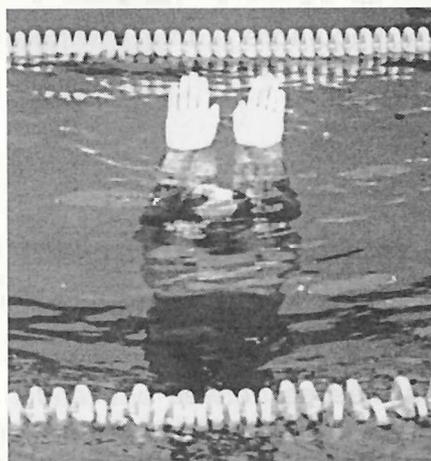
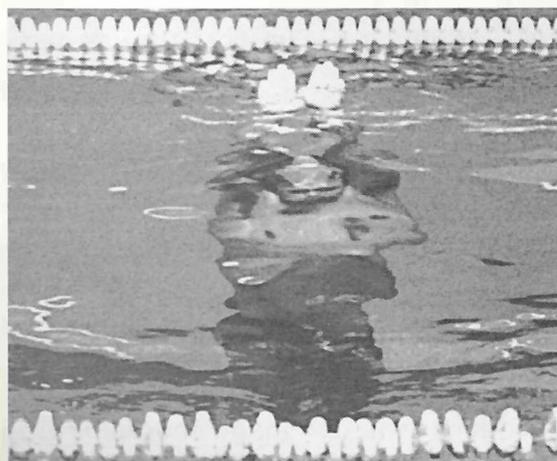
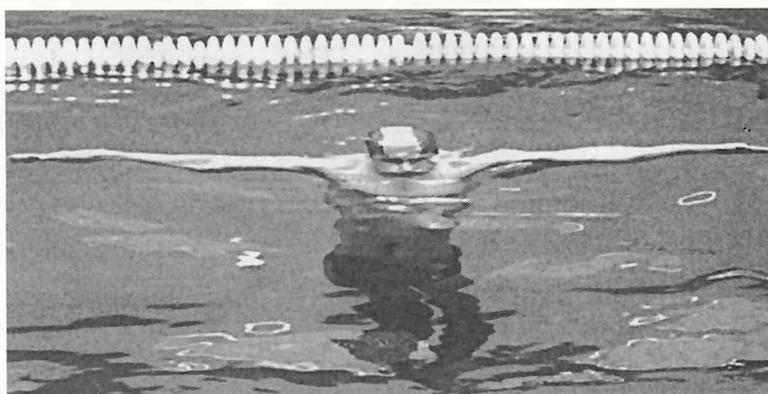
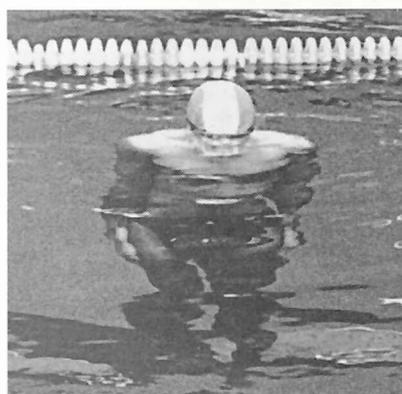
quelle que soit sa position ». Le choix des nages de ces champions n'était, certes pas dû au hasard.



**Figure 6.** Flottaison de l'homme en équilibre vertical



**Figure 8.** En équilibre vertical le volume corporel émergé est individuel, mais constant



**Figure 7.** Lorsqu'un nageur en équilibre vertical lève les bras hors de l'eau, dans un premier temps il s'enfonce, puis se stabilise avec un volume corporel émergé (mains) équivalent à celui précédent (tête).