



Commission Régionale Apnée Île-de-France Note technique n° 2

Variation du volume pulmonaire durant l'apnée et flottabilité

Rédaction : Jean-Emmanuel Virenque, MEF2, IRAs
Comité de relecture : Collège des Instructeurs Régionaux d'Île-de-France
Publication : mars 2024

Avant-propos :

L'objectif d'une note technique est de mettre à la disposition des apnéistes une synthèse des articles scientifiques relatifs à un sujet technique. Cette synthèse est basée sur l'état des connaissances scientifiques à date de parution et ne constitue pas une vérité définitive.

1. Résumé

Charles Stevens a démontré pour la première fois en 1946¹ que, lorsqu'une personne est immergée dans l'eau en retenant sa ventilation, sa flottabilité diminue à mesure que l'apnée se prolonge. La flottabilité d'un apnéiste durant une apnée n'est donc pas constante alors même que l'on pourrait s'attendre à ce que le volume pulmonaire reste constant. En effet, dans des conditions d'équilibre métabolique le rapport entre la quantité de CO₂ produite et la quantité d'O₂ consommée est en moyenne de l'ordre de « 0,8 » (ce rapport noté « R » est appelé quotient respiratoire et dépend du substrat métabolisé, il est de l'ordre de « 0,7 » pour les lipides et de « 0,8 » pour les protéides et de « 1 » pour les glucides). En fait, comme le montre Charles Stevens, une diminution de la flottabilité pendant l'apnée se produit. Le volume pulmonaire se réduit progressivement de 200 à 500 ml/minute, en fonction de la taille des personnes. En raison de l'arrêt de la ventilation et avec le prolongement de l'apnée, le gradient de pression partielle permettant la diffusion du CO₂ veineux vers l'alvéole pulmonaire diminue et détermine directement les concentrations de CO₂, de H₂CO₃ et de bicarbonates (HCO₃⁻) dissous dans le sang. Par conséquent, le CO₂ produit reste dans le sang et ne vient pas compenser l'utilisation de l'O₂. Dès lors que le volume pulmonaire diminue, la flottabilité baisse en conséquence.

2. Démonstration et explication

La diminution de la flottabilité a été démontrée en plaçant une personne allongée sur le plateau d'une balance. Ce plateau et la personne étaient immergés dans l'eau. Pendant l'apnée, il a été mesuré une diminution de la flottabilité se traduisant par un gain en poids mesuré sur le contrepoids de la balance (la poussée d'Archimède diminuant le poids apparent augmenté).

¹ Stevens CD, Ferris EB, Webb JP, Engel GL & Logan M (1946). Voluntary breath holding 1. Pulmonary gas exchange during breath holding. J Clin Invest 25, 723–728.

Soixante expériences de pesées ont été réalisées sur plusieurs apnées en enregistrant les variations de poids sur la durée des apnées. Il a été mesuré une diminution de poids de 200 à 500 grammes/minute, l'amplitude de cette diminution étant principalement liée à la taille des personnes. L'expérience a été réalisée en faisant respirer préalablement aux essais de l'air ambiant (21% d'O₂), de l'air appauvri en O₂ (10%) et de l'O₂ pur (100%). Pour l'ensemble des apnées, le poids apparent a augmenté linéairement à mesure que l'apnée se prolongeait (Figure 1.). Stevens observe que, quel que soit le mélange gazeux respiré, plus le temps d'apnée augmente, plus le poids apparent de l'apnéiste augmente. Après élimination de plusieurs hypothèses, il conclut que la seule manière d'expliquer cette augmentation est la réduction du volume des gaz pulmonaires. L'O₂ qui est métabolisé n'est pas remplacé par une quantité égale de CO₂ dans les poumons donc leur volume diminue.

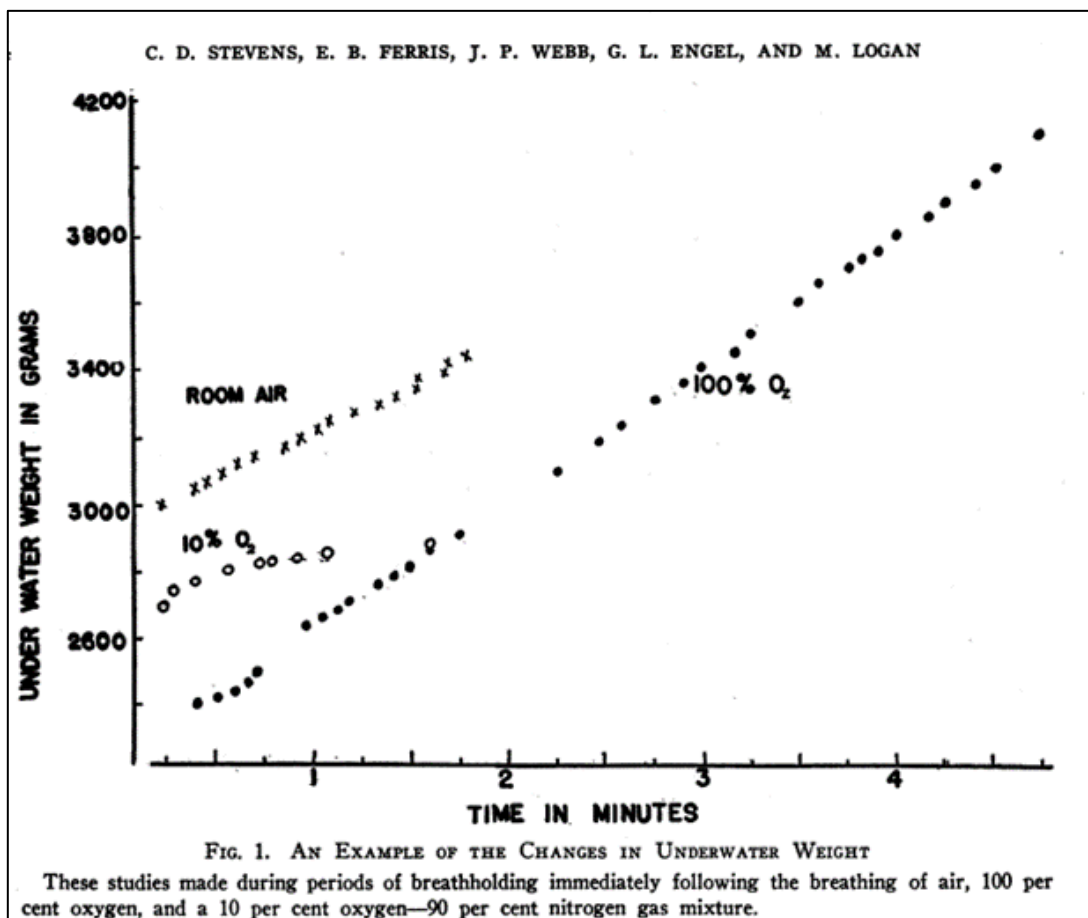


Figure 1 Augmentation du poids pendant l'apnée, extrait de *Voluntary breath holding 1. Pulmonary gas exchange during breath holding. J Clin Invest 25, 723-728. Stevens CD, Ferris EB, Webb JP, Engel GL & Logan M, 2 avril 1946*

Dès lors, plus une apnée se prolonge dans le temps, plus l'O₂ est métabolisé sans être remplacé par un volume égal de CO₂, plus le volume pulmonaire se réduit et donc plus la flottabilité diminue.