



## Commission Régionale Apnée Île-de-France Note technique n° 1

### Le Bloodshift

Rédaction : Jean-Emmanuel Virenque, MEF2, IRAs  
Comité de relecture : Collège des Instructeurs Régionaux d'Île-de-France  
Publication : Juillet 2023

#### **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. Chaque synthèse ne constitue pas une vérité définitive mais un état de la réflexion scientifique à la date de parution de la note.

#### **1. Résumé**

Le bloodshift désigne un transfert sanguin des parties périphériques du corps vers les poumons qui est causé par la dépression provoquée par l'immersion entre la pression intrathoracique et la pression ambiante. La profondeur de survenance de cette dépression est discutée. Jusqu'en 2018, la profondeur d'apparition du bloodshift était estimée à partir de la profondeur à laquelle les poumons étaient réduits à leur volume résiduel. John Fitz Clarke, médecin chercheur au sein de l'American Physiological Society, a publié le 2 avril 2018 un article au sein de la revue *Comprehensive Physiology* contestant cette lecture<sup>1</sup>. Il confirme qu'une personne, ventilant en surface mais immergée verticalement jusqu'au cou, connaît déjà un transfert sanguin réduisant les différents volumes pulmonaires et ce alors même que la personne n'expire pas jusqu'au volume résiduel.

Pour comprendre ce transfert sanguin, il revient très simplement sur le fonctionnement des poumons. Nos muscles respiratoires, pour ventiler, provoquent des dépressions, pour aspirer l'air, et des surpressions pour expirer l'air. C'est ainsi que l'air rentre et sort des poumons. Il est également possible d'atteindre une pression d'équilibre entre l'air dans nos poumons et l'air ambiant. La personne est glotte ouverte, muscles respiratoires relâchés, et aucun air n'entre ou ne sort des poumons. Ce volume d'équilibre est appelé « *capacité résiduelle fonctionnelle* ». Dans les schémas présentant les différents volumes pulmonaires, ce volume correspond au volume résiduel plus le volume de réserve expiratoire. En surface, ce volume d'équilibre de nos poumons est à la pression atmosphérique ambiante. En immersion jusqu'au cou, ce volume d'équilibre est nécessairement réduit par rapport à la surface puisque la pression ambiante au niveau des poumons est augmentée par la pression hydrostatique. La pression est plus forte, donc le volume pulmonaire est réduit.

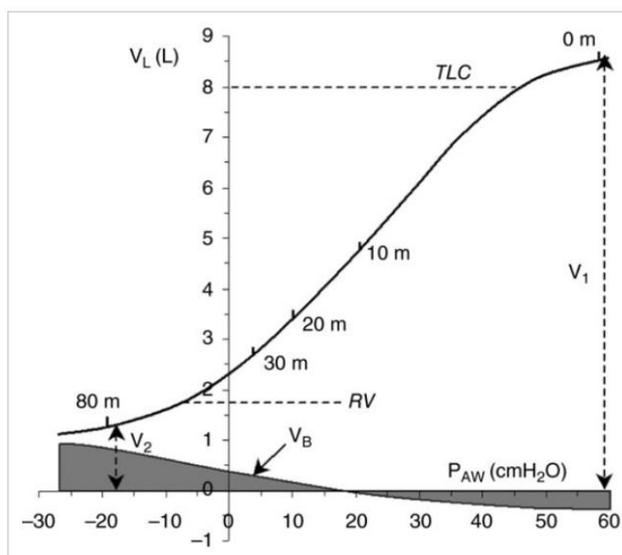
---

<sup>1</sup> Fitz-Clarke JR (2018) *Breath-Hold Diving Compr Physiol* 8:585–630

Ce nouveau volume d'équilibre est appelé « *capacité résiduelle fonctionnelle immergée* ». Lorsque notre corps est immergé et que nos poumons atteignent ce volume, un transfert sanguin est observé, c'est le début du bloodshift.

Courbe de compliance du système respiratoire montrant le volume pulmonaire par rapport à la pression des voies respiratoires ( $P_{AW}$ ) lors d'une plongée. Les poumons sont remplis au-dessus de la capacité pulmonaire totale (TLC) jusqu'à  $V_1$ .

La compression de l'air vers  $V_2$  en dessous du volume résiduel (RV) est partiellement compensée par le déplacement du volume sanguin  $V_B$  vers la poitrine, représenté en gris.



1 Extrait de Fitz-Clarke JR (2018) *Breath-Hold Diving Compr. Physiol.*

Les résultats proviennent d'une simulation informatique.

Une plongée poumons pleins commence par une pression intra pulmonaire positive. La pression des voies respiratoires causée par le plein remplissage d'air des poumons est estimée à 60 cm H<sub>2</sub>O<sup>2</sup>. Cela pousse un petit volume de sang hors de la poitrine alors que l'apnéiste est à la surface. À une certaine profondeur pendant la descente, les pressions sanguines et les volumes dans la poitrine reviennent aux mêmes valeurs que lors d'une simple immersion glotte ouverte. Cette profondeur d'inversion de pression est appelée  $Z_R$  comme étant celle où le volume pulmonaire se comprime jusqu'à la capacité résiduelle fonctionnelle immergée détendue CRF immergé. La pression des voies respiratoires  $P_A$  est égale à la pression de l'eau ambiante  $P_B$ . En dessous de cette profondeur, la pression des voies respiratoires devient négative.  $Z_R$  en mètres peut être estimé à partir de la loi de Boyle en supposant 1 ATA = 10 m d'eau de mer par la formule :

$$(TLC_i + V_p)/FRC_i = (Z_R + 10)/10$$

Ainsi on peut dire que la profondeur d'apparition du bloodshift est fonction du volume pulmonaire initial et est égale à la profondeur à laquelle les poumons voient leur volume réduit à la capacité résiduel fonctionnel immergé. L'auteur ajoute que cette profondeur doit être ajustée en fonction des compliances thoracique et vasculaire.

<sup>2</sup> Loring SH, O'Donnell CR, Butler JP, Lindholm P, Jacobson F, Ferrigno M. Transpulmonary pressures and lung mechanics with glossopharyngeal insufflation and exsufflation beyond normal lung volumes in competitive breath-hold divers. *J Appl Physiol* 102: 841- 846, 2007.