

## CRFI 2018/003 : Je ne me sens pas bien ...

*Préambule : Le récit et les recommandations qui en découlent ont pour objectif unique la prévention des accidents ; il ne s'agit nullement de déterminer des fautes ou des responsabilités.*

### Récit du déclarant :

*Mer belle 28°C en surface, 17°C au fond, 33°C à l'extérieur, beau soleil d'août et pas de vent.*

*Consigne DP : 45 m max et 60 min*

*Première plongée de la journée en binôme avec un N3, 45 m / 51 min à l'air en circuit ouvert avec une bouteille 15 litres à 210 bars au départ. Retour bateau 90 bars. HDS 12h00*

*La victime est un homme de 54 ans, E2 depuis 12 ans ; il pratique la plongée depuis plus de 30 ans et cumule plus de 1000 plongées sans aucun problème d'ADD.*

*Il a effectué environ 43 plongées depuis le début de l'année. La dernière plongée date de huit jours avec 39 m pour 48 min.*

*Il plonge avec un ordinateur OSTC 2N avec modèle Bühlmann ZH-L16 OC (BSat 120%, BDes 85%, palier à 3m).*

*Le binôme N3 suit le même profil de plongée et n'a aucun souci à l'issue de la plongée.*

« Plongée sans problème, pas de courant, pas d'efforts, visibilité ok, température de l'eau ok. C'est une plongée que je ne connais pas donc l'objectif est : exploration et reconnaissance pour trouver ce qui serait à voir, ce qui explique les descentes et remontées du profil. Sortie de l'eau RAS, changement du bloc pour la deuxième plongée de l'après-midi puis en raison de la chaleur et de l'eau à 28°C, plongeon et bain à l'arrière du bateau en attendant la remontée des palanquées.

Quelques minutes après la remontée sur le bateau une sensation de gêne dans le dos plutôt à droite (demi ceinture sur 20 cm de haut - douleur faible 3/10) ; une sensation inconnue mais une sensation de pas bon ! Est-ce le plongeon dans l'eau ou cette lombalgie que je traîne depuis le mois de juin ? La situation se dégrade lentement, je termine ma bouteille d'eau de 1,25 litres que j'ai commencé ce matin et des sensations de fourmis sous la plante des pieds apparaissent surtout à gauche. Puis des difficultés à me déplacer sur le pont, même la station debout commence à poser des problèmes plus dégradée à gauche qu'à droite. Trente minutes après la sortie de plongée, je le signale au DP qui me place sous O2 et procède à l'appel des secours.

Très bonne réaction de l'équipage, il y a de l'O2 et des masques ; en quelques minutes, je me retrouve assis confortablement à respirer 100% O2 et l'alerte est passée au CROSS par VHF environ 45 mn après la sortie de l'eau. Complément d'hydratation 1 litre d'eau plate en 30mn, je refuse l'administration d'aspirine. A la remontée de la dernière planquée, départ vers le premier port accessible par les pompiers et le SMUR. La durée du transfert est de 45 mn.

Amarrage du bateau au petit port, le VSAB et le SMUR sont en attente. Très bonne coordination des moyens terrestres, débarquement et prise en charge par les pompiers. Constat après presque 1 heure sous O2, j'arrive à quitter le bateau debout et marcher vers le véhicule du SMUR.

Prise en charge par l'équipe médicale du SMUR, pose d'une voie intraveineuse pour hydratation et 250 mg d'aspirine. Pendant le trajet vers le centre hyperbare, coordination téléphonique avec le centre de régulation et gestion de l'arrivée à l'hôpital.

Arrivée au centre hyperbare à 14h15, l'équipe était en attente de mon arrivée. Examen rapide par l'équipe de garde, complément hydratation par une nouvelle poche et injection d'un corticoïde. A 14h25 mise en caisson seul sous 2.8 bars pendant 300 min.

Examen clinique après 150 min, les signes ont régressé, la position debout est bonne et la marche est possible.

Sortie du caisson vers 19h30 avec disparition totale des signes neurologiques.

Hospitalisation pour la nuit en observation.

Le lendemain examen neurologique complet et programmation d'une séance de consolidation : 12 m / 1h30.

Absence de signes significatifs, autorisation de sortie dans la soirée avec interdiction de plonger pendant trois mois. Arrêt de travail de 28 jours.

Prescription à 1 mois : Recherche de FOP. Le résultat est positif avec un Grade 3 en spontané. IRM médullaire normale avec protrusions lombaire et cervicale anciennes connues.

Prescription à 2 mois : Bilan de thrombophilie<sup>1</sup>. Pas d'anomalie.

Visite à trois mois : Reprise possible de la plongée avec restriction aux plongées sans palier à l'air ou aux mélanges. Encadrement possible sous réserve des mesures de prévention des accidents.

Merci beaucoup à l'ensemble des participants à cette belle journée d'août, j'ai eu beaucoup de chance et la chaîne des secours a très bien fonctionné.

Les secours sont gratuits en France j'ai donc rien payé pour les pompiers, le SMUR et le caisson.

Les journées d'hospitalisation sont prises en charge par la sécurité sociale et la mutuelle complémentaire.

Les seuls frais seront liés au remplacement de la bouteille d'oxygène du bateau support de plongée (association), soit environ 220€ remboursé par l'assurance individuelle Plongée.

Les facteurs contributifs à l'accident sont pour moi :

- Conditions météo proche de la canicule les jours précédents ;
- Période de forte charge mentale sur le plan personnel ;
- Travaux physiques à la maison le week-end précédent ;
- La veille au bureau, je suis toute la journée dans une salle informatique à 18 °C et un air très sec ;
- La veille au soir sensation de grosse fatigue ;
- Lombalgie chronique depuis le mois de juin ;
- Première utilisation de la combinaison ;
- Première plongée sur ce site et un profil avec des montées et des redescentes dues à l'exploration du lieu ;
- Première plongée avec ce binôme ;
- Respect des paliers mais imparfait avec redescente avant de faire surface ;
- Plongeon et bain après la plongée ?

»

---

<sup>1</sup> Prédisposition à la survenue de Thromboses (caillots sanguins)

## Récit du binôme :

*NDLR : La victime est renommée Luc dans ce qui suit.*

« Le mardi 7 Août 2018, je décide enfin d'aller plonger avec Luc! Mer calme, grand soleil, peu de monde sur le bateau, bref des conditions idéales pour faire une belle plongée !

Le choix du site se porte sur un endroit encore peu fréquenté. Pendant le trajet, avec Luc, mon binôme, nous nous mettons d'accord sur les signes, nos habitudes et nos paramètres de plongée.

La mise à l'eau se passe très bien : température idéale, bonne visibilité, bref nous descendons à 45 mètres. Au rendez-vous : dentis, mérours, ...

Puis remontée tranquille pour redescendre un peu...d'autres poissons font leur apparition.

Nous remontons quasiment les premiers sur le bateau, nous communiquons nos paramètres : 45 mètres et 51 minutes, nous nous déséquiperons puis décidons d'aller nous baigner. Luc fait un plongeon et moi au saut groupé. Une fois dans l'eau, Luc me dit s'être fait mal au dos en plongeant du bateau... Je continue de profiter de la baignade, puis en revenant sur le bateau, il me dit calmement en souriant : «Je crois que je fais un accident de décompression.». Sur le moment, je ne le crois pas mais comme il insiste je pars prévenir le DP. Ce dernier, au vu du comportement de Luc, a eu la même réaction que moi. Après confirmation auprès de mon binôme, elle avertit le CROSS MED et lui donne l'oxygénothérapie. Nous rappelons les plongeurs et allons au port le plus proche.

Pendant le trajet, Luc est calme, confiant et fait de l'humour. Je me pose donc la question : Est-ce vraiment un accident de décompression ? Peut-être une lombalgie ? Pourquoi un accident de décompression alors que les paramètres de sécurité ont été respectés ? Pourquoi pas moi alors que nous avons les mêmes paramètres ?

Arrivés au port, les pompiers nous attendent, Luc part avec eux, accompagné du DP. Nous attendons 40 minutes sur le bateau, Le DP revient : Luc est emmené au centre hyperbare. Sur le bateau, les plongeurs sont calmes mais pas angoissés. Certains niveaux 1 se posent et me posent malgré tout des questions... Voyant sûrement l'inquiétude monter, Le DP décide d'expliquer à tous ce qu'il s'est passé afin de dédramatiser, et ce, de façon très calme, factuelle et il répond à toutes les questions des plongeurs. Il est 13h30 nous déjeunons. A 14h30 certains décident de ne pas plonger : est-ce dû à l'accident ? A la mer qui se forme ? A la fatigue ?

Le DP, étant en contact avec un médecin hyperbare, nous informe que Luc passera la nuit au caisson. Sur le bateau, sur le chemin du retour, nous en reparlons tous, sans stress, mais en admettant que cela peut arriver à tout le monde.

Arrivée au port, je ramasse ses affaires et les ramène à la maison, essayant en vain de le joindre sur son téléphone. Dans la voiture, seule, je cogite malgré tout...Puis à 20h30 Luc m'appelle et me confirme qu'il va rester quelques heures ou quelques jours au caisson. A ce moment, je me demande pourquoi avec les mêmes paramètres je n'ai rien eu ? Pourtant nous n'avons pas plongé dangereusement...

Depuis cette journée, j'ai eu l'occasion de replonger mais toujours avec un doute sur un éventuel symptôme d'un accident de décompression...que je m'invente sûrement... »

## **Analyse et recommandations :**

*Le système Neptune a pour vocation le recueil et l'analyse des incidents de plongée.*

*Bien que catalogué comme accident de plongée, ce témoignage donne lieu à une analyse Neptune en raison de l'absence d'implications judiciaires possibles sur un sujet dont le retour d'expérience peut conduire à la prévention de futurs accidents.*

Ce récit d'accident doit nous interpeller à plus d'un titre.

Premièrement, l'issue est heureuse mais cela a été possible en grande partie que par :

- La déclaration rapide des symptômes par la victime au DP ;
- la réaction rapide et efficace de l'encadrement avec notamment une prise en charge immédiate avec la mise sous oxygène ;
- l'évacuation rapide vers le caisson hyperbare qui prend en charge la victime moins de 1h50 après la déclaration des symptômes.

*Vous trouverez en annexe 2 pour exemple la fiche d'alerte rédigée par le CROSS ainsi que le profil de recompression en caisson suivi au centre hyperbare.*

Ensuite et même si c'est un poncif, cela n'arrive pas qu'aux autres : Lorsque cela fait trente ans que l'on plonge sans incident notable, on peut considérer que notre pratique de plongée est adaptée à notre physiologie et que l'on maîtrise bien les différents paramètres influents. Un sentiment d'immunité peut alors s'emparer du plus humble d'entre nous au risque d'oublier que chaque année qui passe fait que l'on ne réagit peu à peu plus tout à fait de la même façon d'un point de vue physiologique.

Ici, un certain nombre de plaques de protection qui malgré un FOP grade 3 (le plus important) l'ont prémuni d'un accident de plongée pendant plus de trente ans n'ont pas joué leur rôle du fait :

- D'un état de fatigue physique et psychique intense masqué en partie par l'excitation de plonger ;
- d'un profil de plongée engagé (> 40m à l'air) avec une remontée en dents de scie occasionnant de multiples recompressions dont la dernière de 3 à 11m juste avant la remontée sous le bateau (voir profil en annexe 1) ;
- d'une déshydratation marquée la veille en partie compensée par une hydratation importante le jour même avant et après la plongée ;
- d'une lombalgie (effet contributif à démontrer) ;
- d'un niveau de bulles augmentant avec l'âge (voir plus bas).

Ces facteurs étant associés au FOP grade 3 mentionné plus haut qui majore le risque de survenue d'un ADD notamment neurologique.

**Recommandation n°1 :** Savoir identifier les facteurs de risque pour en limiter les conséquences en adaptant par exemple le profil de plongée au plongeur (âge, condition physique, état de fatigue physique et psychique) et aux conditions du jour. En particulier, ne pas entreprendre une plongée engagée au-delà de 40m sans une excellente condition physique (repos, entraînement).

**Recommandation n°2 :** En cas de symptôme déclaré, ne pas hésiter à en faire part immédiatement au Directeur de Plongée afin que la prise en charge et l'alerte puissent être immédiates. Dans le cas cité, la prise en charge rapide a permis que cet accident médullaire n'ait pas de conséquences.

Tout symptôme persistant apparaissant dans les 24 h suivant une plongée doit être considéré comme un accident de plongée.

L'âge est un facteur de risque de gravité d'ADD ; pour fixer un ordre d'idée, l'âge pivot utilisé dans les centres hyperbares pour les accidents de décompression médullaires est de plus ou moins 42 ans, chiffre confirmé par l'étude de DAN Europe sur les facteurs de risque en plongée loisir<sup>2</sup>.

Une autre étude<sup>3</sup> indique que les sujets de plus de 37 ans ont des scores de bulles plus élevés que les plus jeunes.

Il convient donc avec l'âge, de redoubler d'attention sur les risques liés à la plongée profonde.

Mieux se connaître pour mieux prévenir les accidents est une notion fondamentale ; l'arrivée de systèmes comme le capteur O'Dive de la société Azoth Systems préfigure la plongée de demain. Ce système permet de contrôler après la plongée la qualité de la désaturation par une mesure Doppler du niveau de bulles circulantes. Cela permet donc de déterminer si le profil de plongée et le protocole de désaturation sont adaptés à l'état de forme du moment ; il permet même grâce à un simulateur de quantifier l'apport d'une modification de ce protocole (ajout de minutes de paliers additionnels, plongée ou réalisation des paliers avec un mélange suroxygéné).

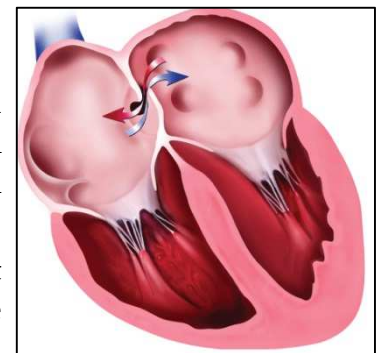


Ce CRFI est également l'occasion de faire un point sur le Foramen Ovale Perméable dans l'activité de plongée subaquatique. En annexe 3, le Dr Anne Henckes, médecin hyperbariste du CHRU de Brest et présidente de la Commission Médicale et de Prévention Nationale (CMPN) de la FFESSM, fait le point sur le Foramen Ovale Perméable.

### Qu'est-ce que le FOP ?

Le FOP est un reliquat de la communication inter auriculaire qui permet au cours de la vie fœtale de court-circuiter la circulation pulmonaire, non fonctionnelle, et qui se referme normalement à la naissance.

Dans 25 à 30% de la population, cette fermeture reste perméable et peut s'ouvrir lors de modifications des pressions auriculaires : lors d'une augmentation des pressions dans le cœur droit (au cours d'un effort à glotte fermée par exemple), le FOP peut s'ouvrir et en plongée permettre le passage direct de bulles dans la circulation artérielle si ceci se produit lors de la décompression et donc engendrer un accident de désaturation.



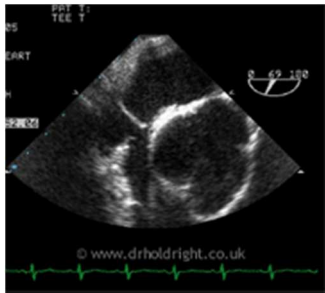
### Doit-on rechercher si l'on possède un FOP ?

Selon l'état actuel de nos connaissances, la présence d'un FOP majore significativement le risque d'accident de désaturation cérébral ou cochléo-vestibulaire par rapport à la population générale. D'après la CMPN, il n'est pas recommandé de rechercher un shunt droit gauche en prévention primaire chez tous les plongeurs : à l'échelle d'une population de plongeur, c'est un examen lourd à mettre en œuvre, **le FOP est fréquent dans la population tandis que l'ADD reste un événement rare.**

<sup>2</sup> Dive Risk Factors, Gas Bubble Formation, and Decompression Illness in Recreational SCUBA Diving: Analysis of DAN Europe DSL Data Base

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.01587/full>

<sup>3</sup> Ascent rate, age, maximal oxygen uptake, adiposity, and circulating venous bubbles after diving <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00723.1999>



Le FOP apparait comme un facteur de risque traité principalement par la limitation des efforts à glotte fermée (remontée d'une ancre, manœuvre de Valsalva à la remontée ou en redescente ...).

Vous pouvez refuser cette proposition de recherche si elle a lieu à l'occasion par exemple du renouvellement annuel de votre certificat d'absence de contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique.

Il est en revanche intéressant d'effectuer cette recherche après accident, en particulier après un accident de type neurologique, cochléo vestibulaire, cutané ou de diagnostic topographique incertain mais présentant ou ayant présenté une symptomatologie objective.

### Que faire en cas de découverte d'un FOP suite à un accident?

Sur avis médical spécialisé, un plongeur porteur d'un FOP peut être autorisé à plonger en respectant des consignes de prévention (dites "low-bubble diving" : plongée peu génératrice de bulles), certes contraignantes, mais qui permettent de ne pas abandonner la discipline.

Les recommandations énoncées par la Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM) sont :

- **réduire la production de bulles circulantes, c'est-à-dire :**
  - ne pas réaliser de plongées nécessitant des paliers (plonger uniquement dans la courbe sans palier),
  - ne pas réaliser de plongées successives,
  - ne pas plonger au-delà de 30 m,
  - éviter les efforts en plongée,
  - éviter les efforts musculaires pendant les 3 h suivant l'émersion,
  - ne pas réaliser de plongées ludion (profil en "yo-yo"),
  - réaliser une remontée lente (proche de 10 m/min),
  - privilégier la plongée au Nitrox,
- **ne pas modifier la pression intrathoracique, c'est-à-dire :**
  - ne pas réaliser de manœuvre de Valsalva intempestive ou forcée,
  - ne pas pratiquer d'apnée après une plongée en scaphandre au cours de la même journée,
  - éviter les efforts en isométrie à glotte fermée (remontée du mouillage, portages intempestifs, remontée à bord avec le bloc sur le dos, efforts de toux...),
  - éviter la plongée en cas de mal de mer avec vomissements,
- **contrôler les facteurs de risque, c'est-à-dire :**
  - ne pas plonger fatigué, stressé...,
  - avoir une bonne condition physique,
  - avoir un entraînement progressif et régulier,
  - se méfier de la surcharge pondérale, être encore plus vigilant au-delà de 40 ans.

Uniquement dans le cadre d'une activité professionnelle et en l'absence de possibilités d'adaptation de poste, la fermeture d'un FOP peut être envisagée, après avis collégial du médecin du travail, du médecin hyperbare et du cardiologue interventionniste (recommandations Medsubhyp/SFMT 2018).

Attention, dans environ 10 à 15% des interventions, celle-ci n'est pas étanche, donc ce point est à contrôler à 6 mois, après traitement anti agrégant plaquettaire.

## Que faire en cas de découverte fortuite d'un FOP à l'occasion d'un examen médical?

En ce cas, il est conseillé de respecter les consignes de réduction de la production de bulles circulantes, d'éviter les modifications de pression intrathoracique et de contrôler les facteurs de risque comme décrit au paragraphe précédent.

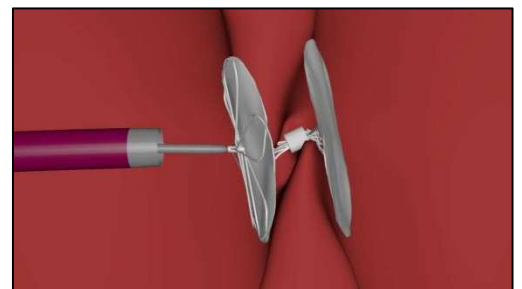
## Eléments de réflexion sur la fermeture d'un FOP

La question a été posée à plusieurs reprises aux experts cardiologues, hyperbaristes : la plongée de loisir ne justifie pas une intervention avec mise en place d'une prothèse intracardiaque puis 6 mois d'anti agrégation plaquettaire.

Par ailleurs cette intervention de fermeture, par voie percutanée, comporte des risques de complications aiguës de gravité variable mais parfois majeures bien que rares; elle nécessite un suivi dans le long terme, un shunt résiduel ou une récurrence peuvent en effet être retrouvés lors de contrôles ultérieurs.

L'avis de la Commission Médicale et de Prévention Nationale de la FFESSM sur la reprise d'une activité de plongée loisirs après fermeture d'un FOP est le suivant :

« La commission médicale ne peut pas aller à l'encontre de la position des experts de cardiologie de plongée et en médecine subaquatique et ne peut approuver la fermeture du FOP pour la pratique de la plongée loisir ... il n'y a donc pas pour l'instant de position de la commission pour ceux qui ont subi l'intervention.



Lorsqu'un plongeur va vers cette intervention (qui n'est pas normalement prise en charge par la sécurité sociale ...), il est suivi par des médecins : c'est à ces médecins de se positionner et de prendre leurs responsabilités.

Cela étant dit, il faut garder à l'esprit dans la réflexion

- que la présence d'un FOP n'est pas nécessairement le seul facteur de risque d'ADD, c'en est un que l'on peut clairement identifier
- qu'il existe aussi des shunts droit-gauche intrapulmonaires qui s'ouvrent à l'effort (=> que l'on ne peut fermer donc)
- que le shunt droit gauche en général, n'est pas associé à certains types d'ADD : ostéo arthro musculaire ; faiblement associé seulement aux ADD médullaires (qui sont les plus redoutables !) »

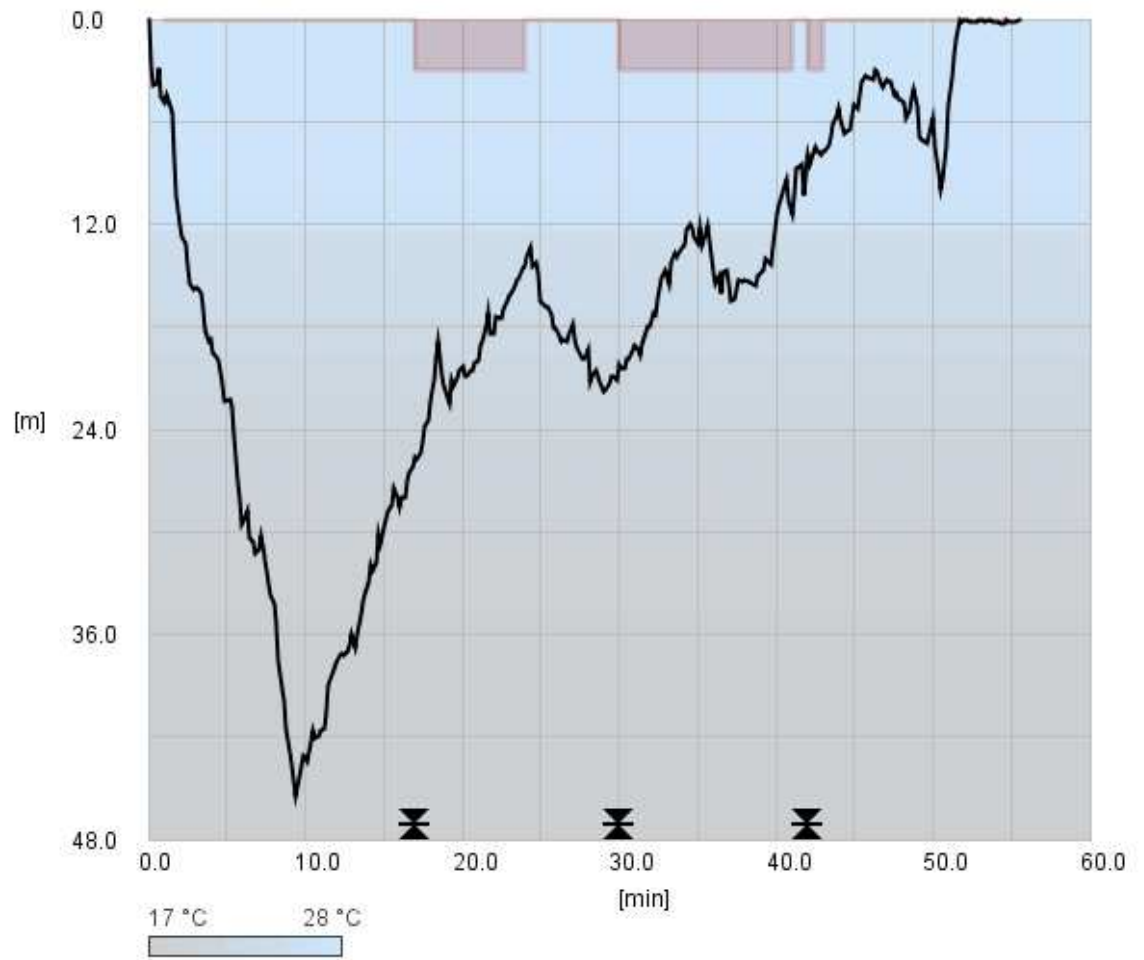
Pour aller plus loin :

- Plonger avec un FOP <https://www.chromis.fr/blog/fop-foramen-ovale-permeable-et-plongee.php>
- Article DAN (annexe 4) : <https://www.diversalertnetwork.org/research/scientific-summaries/pfo-fitness.html>

# Annexe 1 : Profil de la plongée

07.08.2018 - 09:09

■ Air



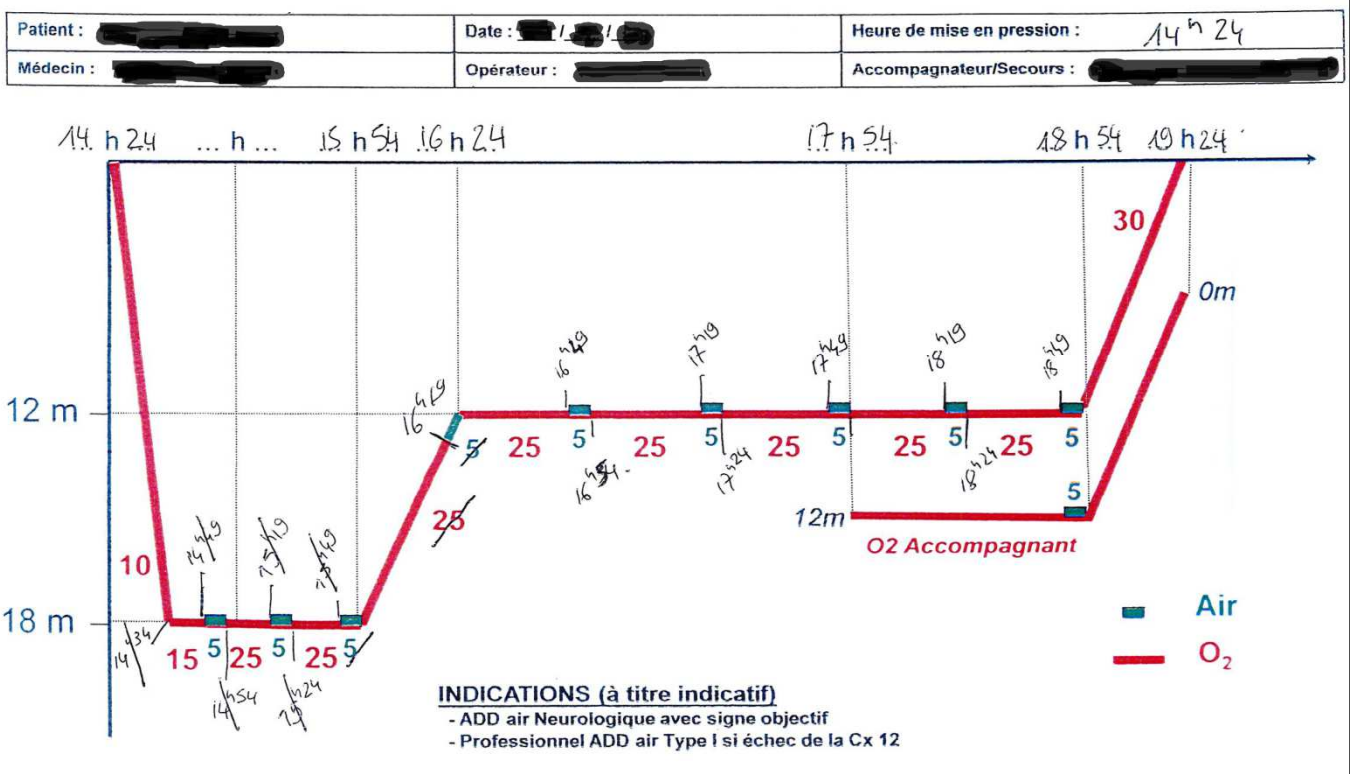


# Annexe 2 : Fiche de prise d'alerte du CROSS et profil de recompression en caisson hyperbare

CROSS		FICHE PRISE D'ALERTE	ACCIDENT DE PLONGEE																																								
OPERATION N° : █████		DATE : █████	HEURE (UTC) : 1045																																								
SEXE : <input checked="" type="checkbox"/> HOMME FEMME AGE : 54 ans		En cas d'arrêt cardiaque																																									
NUMERO DE TEL PORTABLE (en cas de perte de contact VHF)		CONFERENCE A 3 IMMEDIATE entre APPELANT /CROSS/SCMM																																									
→ :06 █████																																											
<b>1<sup>er</sup> ETAPE</b> → NAVIRE	<b>2<sup>e</sup> ETAPE</b> → PLONGEE	<b>3<sup>e</sup> ETAPE</b> → VICTIME																																									
éléments recueillis par le CROSS		éléments recueillis par le CROSS																																									
<b>NOM du SUPPORT :</b> <b>POSITION :</b> Site de plongée : γ : █████ N G : █████ E Azimut / référence / distance 005° / █████ / 0.2 Palanquée à l'eau : oui multi victime : non nbre : délai pour atteindre le port le plus proche : 30 min Port : █████ caractéristiques du support de plongée : S/P répertorié : oui (voir classeur) si S/P non répertorié => poser les questions : longueur du navire : mètres couleur du navire : Hélicoptère depuis le support de plongée Possible ?		<b>MEDECIN A BORD :</b> Heure des 1 <sup>ers</sup> signes : 1200 <b>SIGNES :</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>oui</th> <th>Non</th> <th>NC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Conscient</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Respire</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Gène respiratoire</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Crachats sanglants</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Paralysie :</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Vertiges</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Fourmillements :</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Douleurs dorsales</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Autres :</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <b>SOINS EFFECTUES :</b> Oxygène : 15 L/min) <input checked="" type="checkbox"/> Réanimation cardio-pulmonaire <input checked="" type="checkbox"/> Eau : volume 2 L <input checked="" type="checkbox"/> Autres : <input type="checkbox"/> HEURE DEBUT DES SOINS : 1200			oui	Non	NC	Conscient	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Respire	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gène respiratoire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Crachats sanglants	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Paralysie :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertiges	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fourmillements :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Douleurs dorsales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autres :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	oui	Non	NC																																								
Conscient	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
Respire	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
Gène respiratoire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																								
Crachats sanglants	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
Paralysie :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
Vertiges	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
Fourmillements :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																								
Douleurs dorsales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
Autres :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																								
TYPE de PLONGEE : ◇ APNEE <input checked="" type="checkbox"/> BOUTEILLE ◇ RECYCLEUR TYPE DE MELANGE : ✓ AIR ◇ NITROX ◇ TRIMIX ◇ AUTRE ..... Durée totale de la plongée : 51 Min Profondeur maxi : 45 Mètres Durée à la profondeur maxi : 6 Min Paliers effectués : oui Heure de sortie de l'eau : 1200 ORIGINE DE L'ACCIDENT : Erreur de procédure Absence de palier Remontée rapide ✓ Autre : PLONGEE PRECEDENTE < 24 h : non Profondeur : mètres																																											
<b>4<sup>e</sup> ETAPE</b> → CONFERENCE A 3 : SUPPORT PLONGEE / CROSS / SCMM																																											
EVACUATION : non VECTEUR : ♦ Hélicoptère : <input type="checkbox"/> Depuis S/P <input type="checkbox"/> Autre support nautique <input type="checkbox"/> Depuis DZ ♦ Nautique : ♦ Ambulance : VSAV + SMUR Lieu de jonction : DESTINATION : █████		IDENTITE DU PLONGEUR : NOM : █████ PRENOM : █████																																									

TRANSMISSION à : █████ Centre hyperbare : █████ SAMU : █████ Autre :

TABLE N° 8 · OHBCX18L - Acc PLG - 300min



### **Annexe 3 : Décompression et shunt droit-gauche**

Par le Dr Anne Henckes – Médecin hyperbare au CHRU de Brest - Présidente de la CMPN (FFESSM)

Dans son activité, le plongeur respire un gaz sous pression, contenant de l'oxygène et un gaz inerte, l'azote en cas de plongée à l'air, ce qui l'expose au risque bien particulier d'accident de désaturation. Durant sa plongée, le gaz inerte dont la pression augmente tend en effet à se dissoudre dans l'organisme suivant la loi de Henry ; cette quantité de gaz dissout dépend de la pression (ou la profondeur) et de la durée de séjour au fond. Pour un gaz inerte donné, la dissolution dépend aussi de la nature du tissu. Lorsque le plongeur remonte en fin de plongée, la pression ambiante diminue, si bien que l'organisme se trouve dans un état de sursaturation et libère l'excès de gaz emmagasiné.

La cinétique de ces phases de saturation et désaturation font l'objet de modélisations mathématiques, reprises dans les tables et ordinateurs de plongée pour guider la remontée.

La formation et la croissance de bulles lors de la phase de décompression sont à l'origine de l'accident de désaturation. Ces bulles naissent de noyaux gazeux et si elles sont trop importantes, elles peuvent créer des dommages directement dans les tissus ou bien par ischémie pour les bulles intravasculaires. La plupart des plongées génèrent des bulles détectables par doppler sur le versant veineux, qui sont normalement évacuées par le filtre pulmonaire : ce sont des bulles dites silencieuses. Les procédures de décompression visent à diminuer le risque d'accident de désaturation en diminuant la production de bulles, mais leur respect n'implique pas l'absence totale de risque. D'autres facteurs jouent en effet un rôle dans cet accident dont la physiopathologie ne se résume pas au phénomène bullaire : ce dernier initie des cascades de réactions de l'organisme avec agrégation plaquettaire, réaction endothéliale et inflammatoire, ... (Vann RD. et coll, 2011)

Parmi les facteurs de risque de l'accident de désaturation, l'existence d'un shunt droit gauche qui permet l'artérialisation des bulles a été retrouvé avec une prévalence élevée dans certains types d'accidents après des plongées relativement peu « provocatrices ».

Il peut s'agir d'un shunt intra pulmonaire (Madden D. et coll, 2015) dont l'ouverture est favorisée lors de l'effort.

Le plus fréquent semble être l'existence d'un foramen ovale perméable (FOP), reliquat de la communication inter auriculaire qui permet au cours de la vie fœtale de court-circuiter la circulation pulmonaire, non fonctionnelle, et qui se referme normalement à la naissance. Dans 25 à 30% de la population, cette fermeture reste perméable et peut s'ouvrir lors de modifications des pressions auriculaires : lors d'une augmentation des pressions dans le cœur droit (au cours d'un effort à glotte fermée par exemple), le FOP peut s'ouvrir et permettre le passage direct de bulles dans la circulation artérielle si ceci se produit lors de la décompression.

Ainsi l'existence d'un shunt droit gauche est associé statistiquement à un risque plus élevé d'accident grave (Liou K et coll, 2015) de type neurologique central (Germonpré P. et coll, 1998), vestibulaire (Cantais E. et coll, 2003), médullaire dans une moindre mesure (Gempp E. et coll,

2009), et cutané type cutis marmorata (Germonpré P. et coll, 2015); le risque est par ailleurs corrélé à la taille du shunt (Torti SR. et coll, 2004).

Il n'est pas recommandé de rechercher un shunt droit gauche en prévention primaire chez tous les plongeurs : à l'échelle d'une population de plongeur, c'est un examen lourd à mettre en œuvre, le FOP est fréquent dans la population tandis que l'ADD reste un événement rare (Sykes O., Clark JE., 2013). Il est en revanche intéressant d'effectuer cette recherche après accident, en particulier après un accident de type neurologique, cochléo vestibulaire ou cutané.

La méthode de référence pour rechercher un FOP est l'échographie trans oesophagienne qui permet de bien visualiser le septum interauriculaire et le passage du produit de contraste à travers : cette méthode a l'avantage d'une bonne spécificité mais sa sensibilité est dépendante de l'opérateur. Le doppler transcranien, visualisant l'artère cérébrale moyenne, est un examen de bonne sensibilité, mais moins spécifique pour localiser le shunt. Dans tous les cas, il s'agit d'injecter par voie veineuse un produit de contraste (une émulsion) et d'observer un passage de bulles dans le cœur gauche ou la circulation artérielle, spontané ou provoqué par une manœuvre de Valsalva. Un score est établi suivant qu'aucun événement ne soit observé, quelques événements isolés ou un « rideau » c'est-à-dire un passage continu de produit soient observés.

Après un accident de désaturation et lorsqu'un shunt est découvert, 3 options s'offrent en théorie au plongeur : cesser son activité de plongée, modifier ses habitudes pour adopter un mode de plongée plus « conservateur » c'est-à-dire produisant moins de bulles ou demander une fermeture du FOP.

La fermeture d'un FOP est efficace pour éviter l'artérialisation des bulles (Honek J. et coll, 2014), ainsi que pour prévenir l'apparition d'images ischémiques cérébrales asymptomatiques au long cours (Billinger M. et coll, 2011). En revanche, la réelle réduction du risque d'accident de désaturation clinique reste à démontrer plus finement, on peut supposer que ce geste ramène ce risque au même niveau que chez un plongeur sans shunt droit gauche, mais ne le réduit pas à zéro (Honek J. et coll, 2015).

Par ailleurs cette intervention de fermeture, par voie percutanée, comporte des risques de complications aiguës (Martinez-Quintana E. et coll, 2015) de gravité variable mais parfois majeures (Khairy P. et coll, 2003) bien que rares; elle nécessite un suivi dans le long terme, un shunt résiduel ou une récurrence peuvent en effet être retrouvés lors de contrôles ultérieurs (Cheli M et coll, 2015).

Actuellement la HAS a émis un avis défavorable à la fermeture d'un FOP dans l'indication de prévention secondaire de l'accident de désaturation, la diminution du risque réel d'ADD étant mal démontrée et le geste induisant des risques de complications graves.

Au total, l'accident de désaturation est un accident spécifique qui survient au décours de la phase de décompression (de remontée pour le plongeur), relativement rare, mais dont la prévalence semble plus élevée en présence d'un shunt droit gauche. La recherche de celui-ci n'est pas à faire en prévention primaire du fait de la prévalence élevée dans la population du FOP, mais recommandée après accident. En prévention secondaire, si le plongeur souhaite reprendre son activité, il devra adopter un mode de plongée plus conservateur en limitant sa profondeur et

restant dans la courbe de sécurité et en soignant sa forme physique ; la fermeture du FOP est réalisable par voie percutanée, mais non recommandée et non inscrite dans les actes remboursables par l'assurance maladie dans cette indication, la diminution de risque d'accident étant encore mal évaluée, et le risque opératoire réel.

## Bibliographie :

- Billinger M, Zbinden R, Mordasini R, Windecker S, Schwerzmann M, Meier B, Seiler C. Patent foramen ovale closure in recreational divers: effect on decompression illness and ischaemic brain lesions during long-term follow-up. *Heart* 2011;97(23):1932-7
- Cantais E., Louge P, Suppini A., Foster PP., Palmier B., Right-to-left shunt and risk of decompression illness with cochleovestibular and cerebral symptoms in divers: Case control study in 101 consecutive dive accidents. *Crit Care Med* 2003 31(1) : 84-8
- Cheli M., Canepa M., Brunelli C., Bezante GP., Favorini S., Rollando D., Sivori G., Viani E., Finocchi C., Balbi M. Recurrent and Residual Shunts After Patent Foramen Ovale Closure: Results From a Long-Term Transcranial Doppler Study. *J Interv Cardiol.* 2015 Dec;28(6):600-8.
- Gempp E, Blatteau JE, Stephant E, Louge P. Relation between right-to-left shunts and spinal cord decompression sickness in divers. *Int J Sports Med.* 2009;30(2):150-3
- Germonpré P., Dendale P., Unger P., Balestra C. Patent foramen ovale and decompression sickness in sports divers. *J. Appl. Physiol.* 1998 ; 84(5): 1622-1626
- Germonpre P, Balestra C, Obeid G, Caers D. Cutis Marmorata skin decompression sickness is a manifestation of brainstem bubble embolization, not of local skin bubbles. *Med Hypotheses.* 2015 ;85(6):863-9
- HAS. Fermeture du Foramen Ovale Permeable par voie veineuse percutanée, 2005
- Honěk J, Srámek M, Šefc L, Januška J, Fiedler J, Horváth M, Tomek A, Novotný S, Honěk T, Veselka J. Effect of catheter-based patent foramen ovale closure on the occurrence of arterial bubbles in scuba divers. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014 ;7(4):403-8
- Honěk J, Šefc L, Honěk T, Šrámek M, Horváth M, Veselka J. Patent Foramen Ovale in Recreational and Professional Divers: An Important and Largely Unrecognized Problem. *Can J Cardiol.* 2015 ;31(8):1061-6
- Khairy P, O'Donnell CP, Landzberg MJ. Transcatheter closure versus medical therapy of patent foramen ovale and presumed paradoxical thromboemboli: a systematic review. *Ann Intern Med.* 2003;139:753-760.
- Liou K, Wolfers D, Turner R, Bennett M, Allan R, Jepson N, Cranney G. Patent foramen ovale influences the presentation of decompression illness in SCUBA divers. *Heart Lung Circ.* 2015;24(1):26-31
- Madden D., Ljubkovic M., Dujic Z. Intrapulmonary Shunt and SCUBA Diving: Another Risk Factor? *Echocardiography* 2015; 32: S205-S210
- Martinez-Quintana E., Gopar-Gopar S., Rodriguez-Gonzalez F. Diving and percutaneous closure of persistent (patent) foramen ovale. *Diving Hyperb Med.* 2015 Jun;45(2):126-8.
- Sykes O, Clark JE. Patent foramen ovale and scuba diving: a practical guide for physicians on when to refer for screening. *Extrem Physiol Med.* 2013;2(1):10
- Torti SR, Billinger M, Schwerzmann M, Vogel R, Zbinden R, Windecker S, Seiler C. Risk of decompression illness among 230 divers in relation to the presence and size of patent foramen ovale. *Eur Heart J.* 2004;25(12):1014-20.
- Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet.* 2011;377(9760):153-6



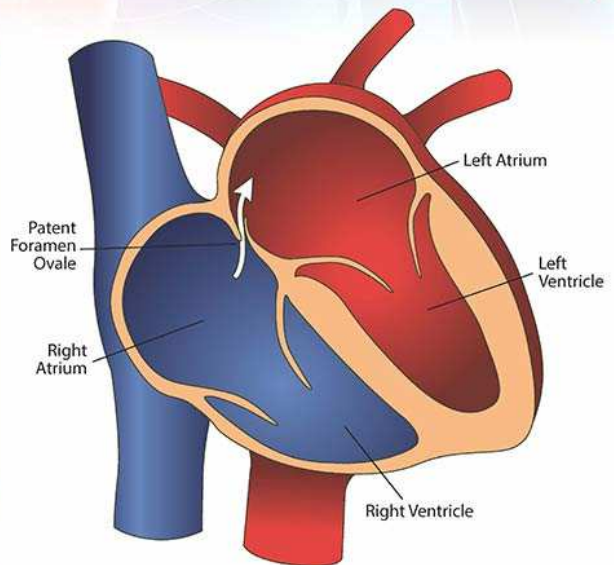
DIVING WITH A

# PATENT FORAMEN OVALE (PFO)

## WHAT IS A PFO?

- It is a hole in the heart that failed to close properly after birth.
- A “trap door” which can open letting the blood flow into the left atrium and bypassing the pulmonary filter.

**27%** of people have PFO  
**6%** of people have a large PFO



## IMPACT ON DIVERS

A PFO may let Venous Gas Emboli (VGE) pass to the arterial side (shunt) and cause decompression illness.

**2.5x** Greater risk of developing DCI with PFO

Without PFO	With PFO
1x	2.5x

**4x** Greater risk of neurological DCI

Without PFO	With PFO
1x	4x

## WHAT CAN DIVERS WITH A PFO DO?



Stop diving



Dive more conservatively

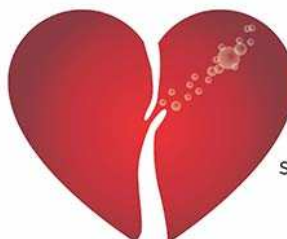


Close the PFO

## PFO BECOMES A DCI RISK WHEN:

A PFO is large

Valsalva-like maneuver opens PFO



VGE overload

Target tissue saturated with gas