



*Cœur et plongée*



# Fermeture FOP et plongée :

(Foramen Ovale Perméable)

## quelles indications ?



Docteur Benoît Brouant

*Cardiologue – Médecin du Sport*

**GroupeSOS** Forbach / Saint-Avold

Entreprendre au profit de tous

[info@cardiosub.com](mailto:info@cardiosub.com)



☒ Je n'ai aucun lien d'intérêt

24,25 & 26 septembre

Palais des congrès - Paris



# 3 questions pour une activité en milieu particulier :

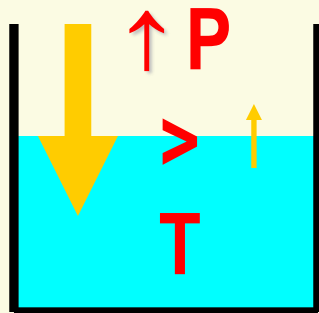
- *Pas de risque d'incapacité subite ?*
- *Pas de risque de déstabilisation ou de révélation d'une pathologie par la pratique ?*
- *Pas de majoration du risque d'accident spécifique de la pratique ?*

➔ Accident de désaturation (ADD)

# *Loi de Henry*

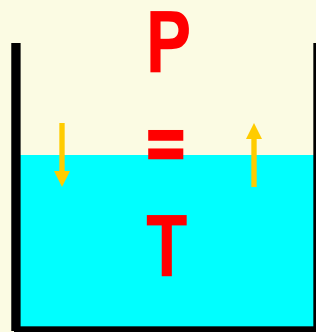
*"A température donnée, la quantité d'un gaz dissoute à saturation dans un liquide est proportionnelle à la pression du gaz au-dessus de ce liquide."*

**Sous-saturation**



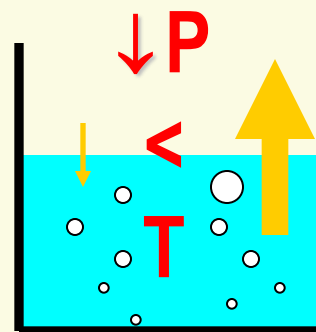
**↑ Dissolution**

**Saturation**



**Equilibre**

**Désaturation**

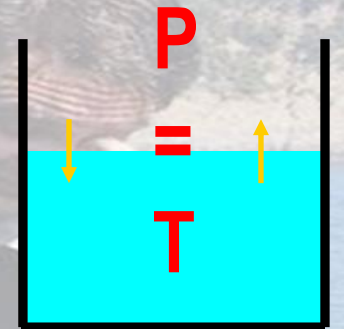


**Dégazage**



# *Avant une plongée organisme saturé en gaz inertes à Pression atmosphérique*

**Situation d'équilibre :**

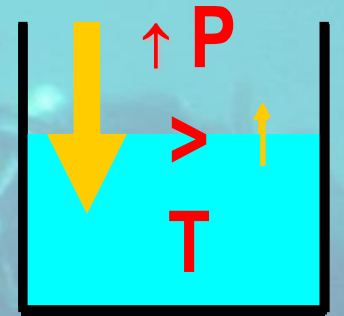


**PpN2 0,8 bars  
dans tous les tissus de l'organisme**



***Pendant une plongée  
respiration air avec  $P_{pN_2} > 0,8$  bars :  
organisme en sous-saturation***

***Saturation progressive***



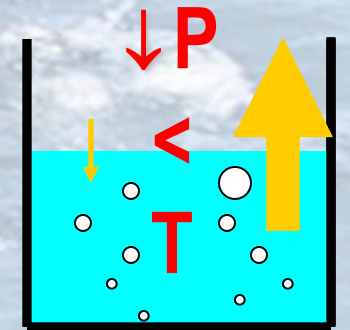
***$\uparrow P_{pN_2}$***

***dans les différents tissus de l'organisme  
(compartiments)***



***Dés la remontée  
retour à un air avec  $P_{pN_2}$  à 0,8 bars  
organisme en sursaturation***

***Désaturation progressive  
dans les différents tissus de l'organisme***



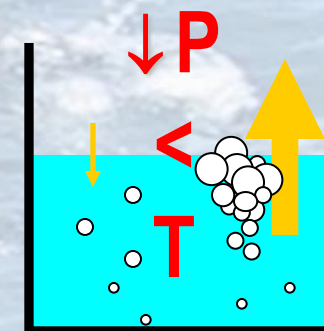
***Dégazage avec microbulles***

***Bulles circulantes 15 mn après sortie de l'eau avec un pic à 1 H***



# ***Si mauvaise gestion de la décompression ou facteurs individuels :***

***Sursaturation critique avec  
accumulation des bulles  
et création de manchons gazeux***



## ***Risque d'Accident De Désaturation***

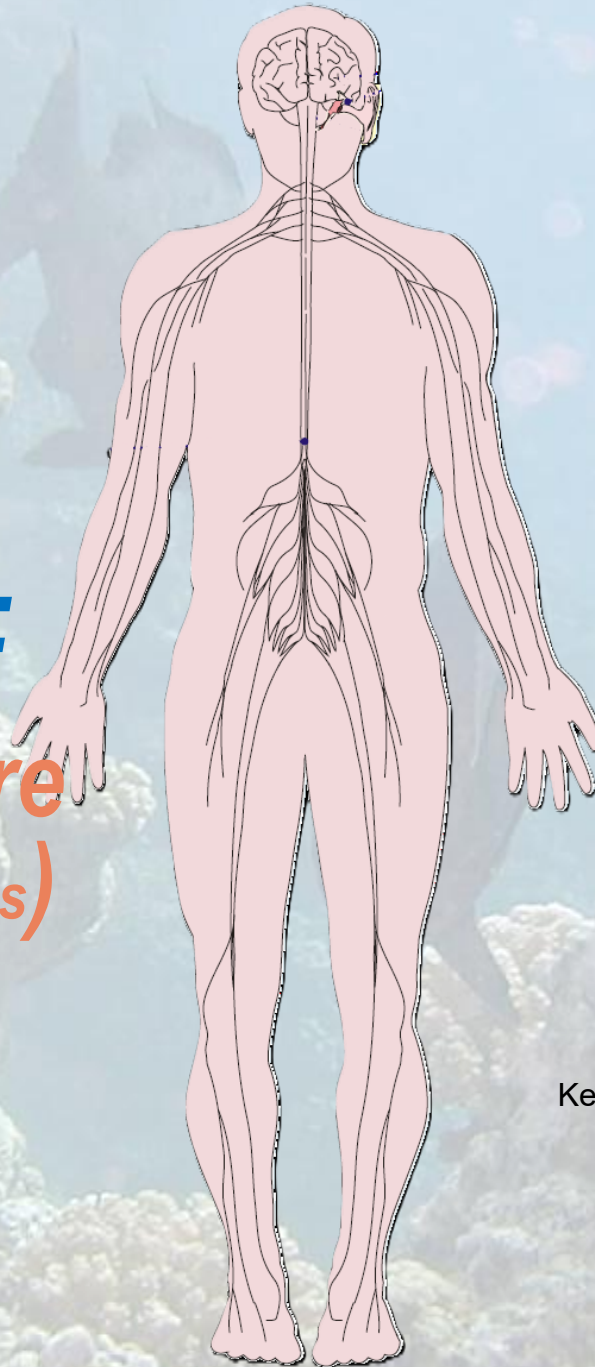
***0,01 à 0,05 % - # 300/an en France***



## ADD vasculaires :

### Par bulles veineuses :

**Compression médullaire**  
(troubles neurologiques périphériques)



## Par bulles artérielles (rôle des shunts) :

**Embolies  
gazeuses centrales**  
(troubles  
neurologiques centraux,  
cochléo-vestibulaires  
ou réactions cutanées)

Kemper T, Rienks R, Van Ooij PJ, Van Hulst. *Cutis marmorata in decompression illness may be **cerebrally mediated** : a novel hypothesis on the aetiology in cutis marmorata.* Diving and hyperbaric Medicine **2015**; 2 - Vol 45 :84-88



# Rôle du FOP dans l'ADD

Persistance perméabilité *Foramen Ovale* : 25 à 35 % de la population

Hagen et al. *Incidence and size of patent foramen ovale during the first 10 decades of life: an **autopsy study** of 965 normal hearts.* Mayo Clin Proc, 1984 ; 59 : 17e20  
Lynch et al. *Prevalence of right-to-left atrial shunting in a healthy population: detection by Valsalva maneuver contrast **echocardiography**.* Circulation 5:379-384, **1984**

Prévalence augmentée chez plongeurs accidentés  
(80 % ADD centraux, 50 % ADD médullaires)

Moon et al. *Patent foramen ovale and decompression sickness in divers.* Lancet **1989** Mar 11;1(8637):513-4

Gempp et al. *Relation Between Right-to-Left Shunts and Spinal Cord Decompression Sickness in Divers.* Int J Sports Med, 2009 ; 30(2) : 150-3

Augmentation risque relatif (4,2) mais le risque global reste faible

Lairez et al. *Risk of neurological decompression sickness in the diver with a right-to-left shunt: literature review and **meta-analysis**.* Clin J Sport Med ; 19 : 231-35

## Pas de dépistage systématique !

Réouverture et augmentation de taille avec l'âge et la pratique de la plongée (+12% à 7 ans)

Germonpré et al. *Evidence for increasing patency of the foramen ovale in divers.* Am J Cardiol, 2005 ; 95 : 912-15

## Mais recherche indiquée après ADD central



# Découverte FOP après ADD central

**HAS** : avis défavorable prise en charge fermeture en 2005

HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

[https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_240782/fr/avis-defavorable-de-la-has-concernant-une-intervention-cardiologique-dans-le-traitement-de-la-migraine](https://www.has-sante.fr/jcms/c_240782/fr/avis-defavorable-de-la-has-concernant-une-intervention-cardiologique-dans-le-traitement-de-la-migraine)



À partir de 2007, reprise possible avec conditions particulières de pratique

*"Si la motivation du plongeur est inébranlable"*

## Réduire la production de bulles circulantes :

- Plonger uniquement dans la courbe de sécurité
- Pas de plongées successives – limitation 30 m.
- Éviter les efforts musculaires pendant et 3 h après plongée
- Réaliser une remontée lente (proche de 10 m/minute)
- Privilégier la plongée au nitrox

## Ne pas modifier la pression intra thoracique :

- Pas de Valsalva intempestif ou forcé – Pas d'apnée
- Éviter les efforts en isométrie à glotte fermée (portages, toux)
- Éviter la plongée en cas de mal de mer avec vomissements.

## Contrôler les facteurs de risque :

- 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.

## Efficacité constatée des mesures conservatrices

Gempp et al. *Risks factors for recurrent neurological decompression sickness in recreational divers: a case-control study.* J Sports Med Phys fitness, 2012 ; 52(5) : 530-6.

Klingmann et al. *Lower risk of decompression sickness after recommendation of conservative decompression practices in divers with and without vascular right-to-left shunt.* Diving Hyperbaric Med, 2012 ; 42(3) : 146-50

Mais persistance risque relatif de récurrence plus important si FOP large





# Fermeture FOP après ADD central

Bénéfice risque de la procédure :

- complications procédures ( < 2%)
- persistance de shunts résiduels (cardiaques ou pulmonaires) 12%,

Wahl et al. *Safety and feasibility of percutaneous closure of patent foramen ovale without intra-procedural echocardiography in 825 patients.*  
Swiss Med Wkly, 2008 ; 138(39-40) : 567-72

- évolution long terme : érosion, arythmie...?

Skibsted et al. *Long-term risk of atrial fibrillation or flutter after transcatheter patent foramen ovale closure: a nationwide Danish study.*  
Eur Heart J. 2023 Sep 21;44(36):3469-3477.

...registre AIR FORCE (*Ambispective International Registry on patent Foramen Ovale Resulting in Closure with long-term Evolution*)

## Réduction du risque pour les FOP larges fermés en prévention secondaire

Billinger et al. *Patent foramen ovale closure in recreational divers: effect on decompression illness and ischaemic brain lesions during long-term follow-up.* Heart, 2011 ; 97: 1932-7

## en prévention primaire avec stratification individuelle ?

Etude prospective 829 plongeurs 2006-2018 avec 702 suivis à 2021

Haut grade avec fermeture 55 : pas de récurrence, Haut grade avec mesures conservatrices 98 : baisse incidence

Bas grade avec mesures conservatrices 128 : normalisation incidence, Témoin (sans FOP) 421 : incidence stable

Hönek et al. *Screening and Risk Stratification Strategy Reduced Decompression Sickness Occurrence in Divers With Patent Foramen Ovale.* JACC Cardiovasc Imaging. 2022 Feb;15(2):181-189



## DIVING WITH A

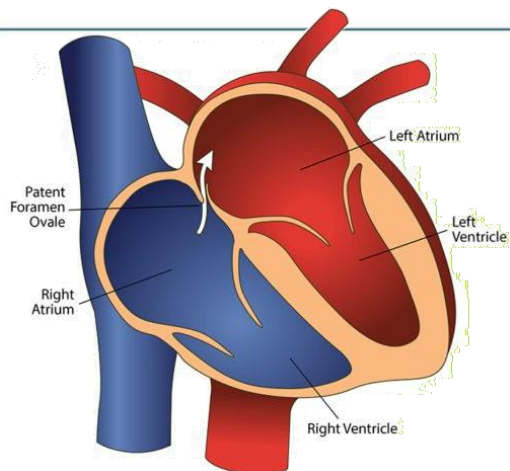
# PATENT FORAMEN OVALE (PFO)

### 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.



### PFO BECOMES A DCI RISK WHEN:

A PFO is large

Valsalva-like maneuver opens PFO



VGE overload

Target tissue saturated with gas

### WHAT CAN DIVERS WITH A PFO DO?



Stop diving



Dive more conservatively



Close the PFO

# Recommandations de bonne pratique pour le suivi médical des pratiquants d'activités subaquatiques sportives et de loisirs

**Texte 2020**

<https://www.medsubhyp.fr/wp-content/uploads/2022/12/RBP-Plonge-de-loisir-2020-Texte-complet.pdf>

	Examens recommandés		Examens optionnels	Observations
	Primo-accédants	Renouvellement		
<b>App. Cardio-circulatoire</b>	<p>ECG</p> <p>Bilan biologique à partir de 40 (H) ou 50 (F) ans.</p>	<p>Tous les 3 ans entre 12 et 20 ans puis tous les 5 ans jusqu'à 35 ans et au-delà si indication</p>	<p>Épreuve d'effort pour les sujets à risque.</p> <p>Échocardiographie (sujets symptomatiques ou HTA).</p> <p>Recherche de FOP après ADD neurologique</p>	<p>Pas d'indication de recherche systématique de FOP</p>

# Recommandations de bonne pratique pour le suivi en santé au travail des travailleurs exposés au risque hyperbare

Révision 2023

<https://www.medsubhyp.fr/wp-content/uploads/2023/12/Recommandations-pour-le-suivi-en-sante-au-travail-risque-hyperbare-2023.pdf>

- Le dépistage systématique d'un shunt droite-gauche n'a pas d'intérêt.
- La découverte d'un *foramen ovale* perméable à l'issue d'un accident de désaturation doit faire proposer des adaptations des procédures de plongée.
- En présence d'un FOP de haut grade ou en cas d'impossibilité pour l'employeur d'adapter le poste de travail, la fermeture percutanée du *foramen ovale* peut être proposée. La décision sera prise après évaluation du rapport bénéfice sur risques, en concertation entre le médecin du travail, le médecin hyperbare, le cardiologue compétent en hyperbarie et l'intéressé lui-même, dûment informé du risque et des limites de la procédure.

## Conclusion

# Fermeture FOP et plongée :

(Foramen Ovale Perméable)

## quelles indications ?

*Pas de dépistage.*

*Recherche systématique après accident de désaturation (ADD) central.*

*Si découvert après accident de désaturation (ADD) central :*

- *Déconseiller la poursuite de l'activité,*
- *Proposer l'adaptation et la restriction des activités de plongée,*
- *Discuter de la fermeture pour les shunts larges après une stratification individuelle.*



Docteur Benoît Brouant  
[info@cardiosub.com](mailto:info@cardiosub.com)