

# Spécificités de la Plongée Sous-Marine

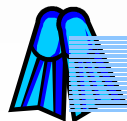
**Dr. Ruddy RICHARD,**  
**Dr. Evelyne LONSDORFER-WOLF,**  
**Dr. Stéphane DOUTRELEAU**

**Service de Physiologie et des Explorations Fonctionnelles, Pôle de Pathologie Thoracique.**  
Nouvel Hôpital Civil  
Les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, 67091 Strasbourg Cedex.  
**Institut de Physiologie E.A.3072.**  
Université de Strasbourg, Faculté de Médecine, 67000 Strasbourg.

Ruddy.Richard@physio-ulp.u-strasbg.fr

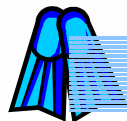
# Plan – Spécificités de la PSM

- Les lois physiques, principales répercussions
- Conséquences respiratoires de l'équi-pressure
- Les accidents
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de décompression
- Asthme et plongée
- Spécificités "respiratoires" de la VMNCI
- Conclusion



# Plan – Spécificités de la PSM

- **Les lois physiques, principales répercussions**
- **Conséquences respiratoires de l'équi-pressure**
- **Les accidents**
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de décompression
- **Asthme et plongée**
- **Spécificités "respiratoires" de la VMNCI**
- **Conclusion**



## Les lois physiques

### La Pression

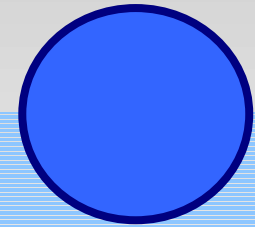
$$P = F / S = mV \times g \times h$$



0 m

1 Bar

$$P_1 \times V_1$$

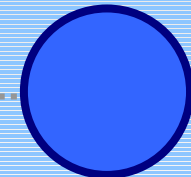


10 m

2 Bars

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$V_2 = 0,50 \times V_1$$

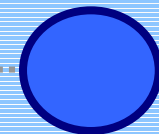


20m

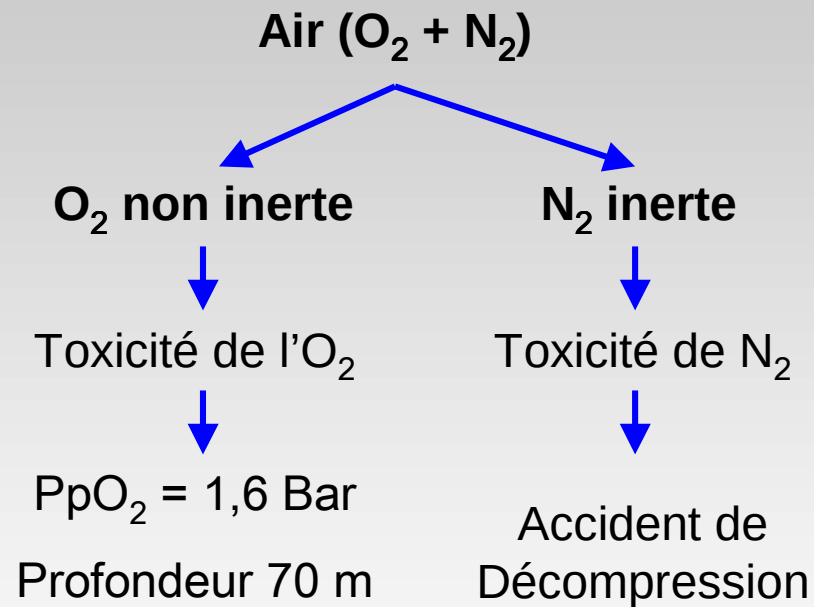
3 Bars

$$P_1 \times V_1 = P_3 \times V_3$$

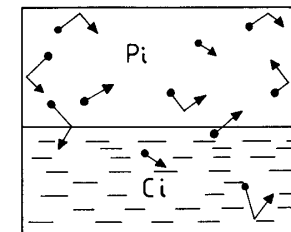
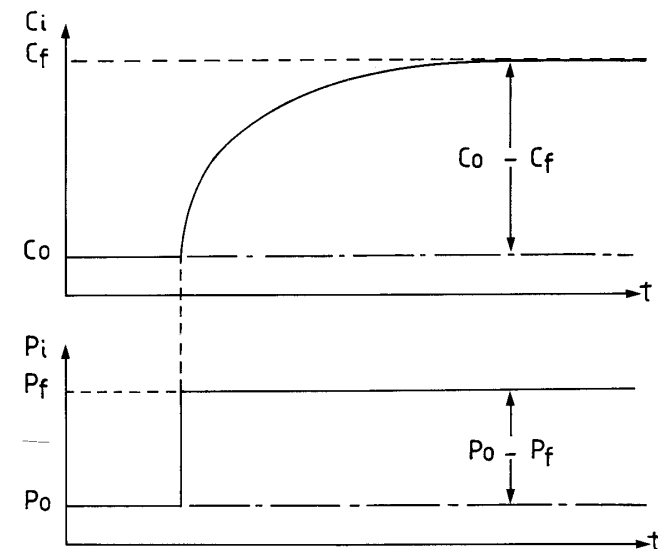
$$V_3 = 0,33 \times V_1$$



## Les lois physiques



### La loi de HENRY



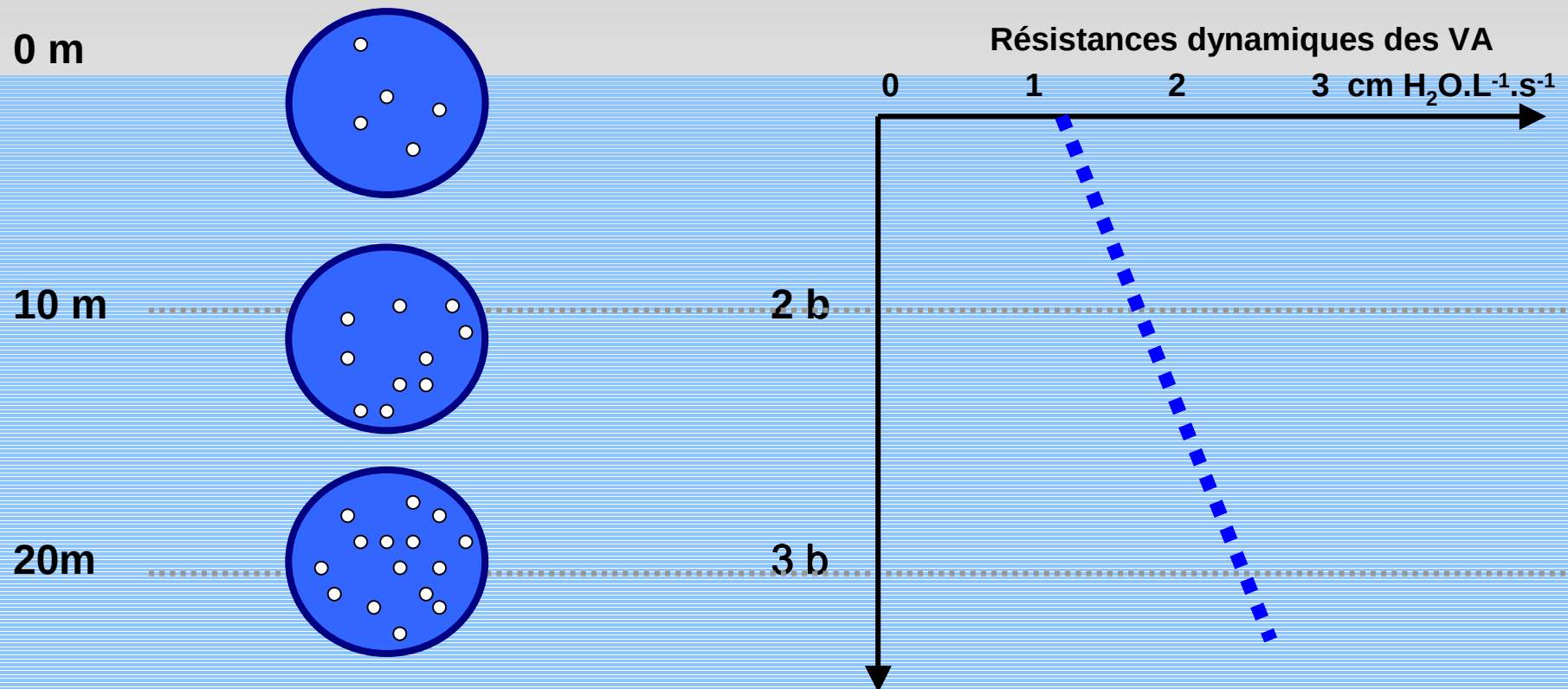
# Plan – Spécificités de la PSM

- Les lois physiques, principales répercussions
- **Conséquences respiratoires de l'équi-pressure**
- Les accidents
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de décompression
- Asthme et plongée
- Spécificités "respiratoires" de la VMNCI
- Conclusion



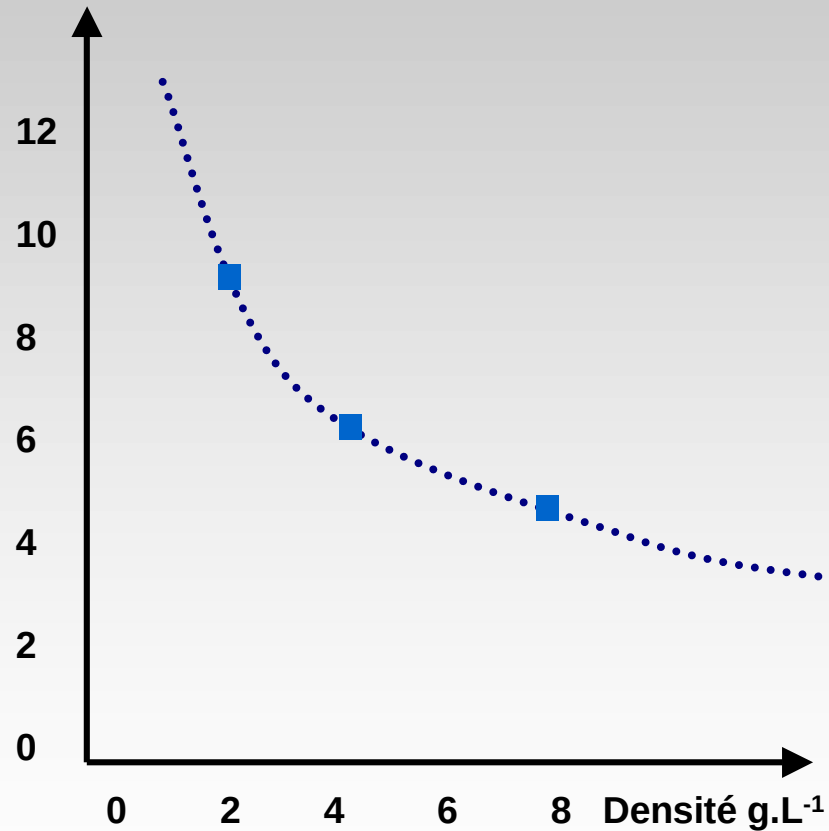
## La respiration en équi-pression

- La densité du mélange respiré va augmenter avec la profondeur
- Les résistances augmentent proportionnellement à la racine<sup>2</sup> de la pression (pression de 4 b → résistances multipliées par 2)

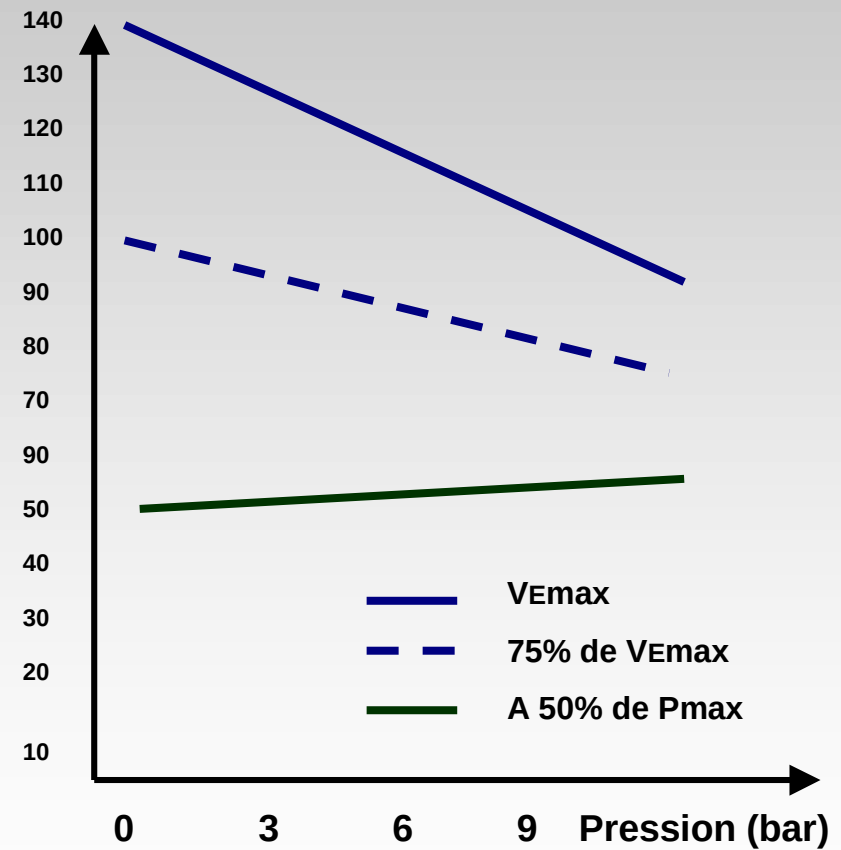


## La respiration en équi-pression

Débit de pointe  $\text{L.s}^{-1}$



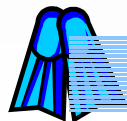
VMM  $\text{L.min}^{-1}$





# Plan – Spécificités de la PSM

- Les lois physiques, principales répercussions
- Conséquences respiratoires de l'équi-pressure
- **Les accidents**
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de décompression
- Asthme et plongée
- Spécificités "respiratoires" de la VMNCI
- Conclusion



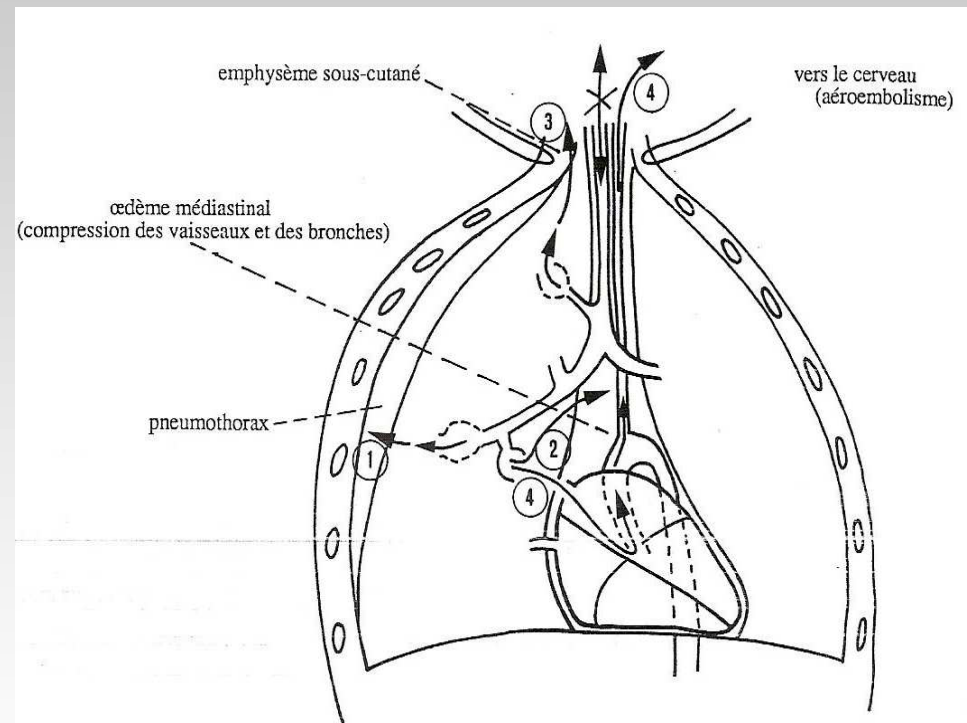
## Accidents : La Surpression pulmonaire **Loi de Mariotte**

Accident lors de la remontée

Zone cible de 10 m à la surface

L'air "piégé" dans les alvéoles et / ou les VA, va se dilater et endommager les tissus. La rupture des alvéoles permet le passage du gaz vers :

- La plèvre
- Le médiastin
- Les tissus du cou
- Les vaisseaux pulmonaires



## Accidents : La Surpression pulmonaire

Loi de Mariotte

### Pathologies favorisantes :

Spasme réflexe de la glotte

Bulle d'emphysème sur une bronche à clapet

Séquelle d'abcès bronchique ou pulmonaire

Bronchite

Bronchospasme

Laryngocèle

Bride thoracique

### Physiopathologie :

Toujours une augmentation très brutale du volume du gaz (panique).

### Tableau clinique :

Notion d'accident

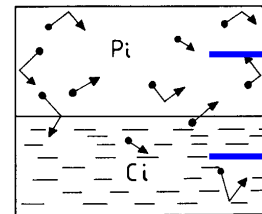
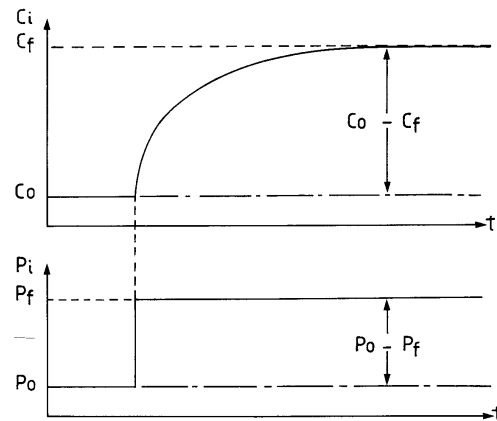
Troubles de l'état général

Tableau pulmonaire

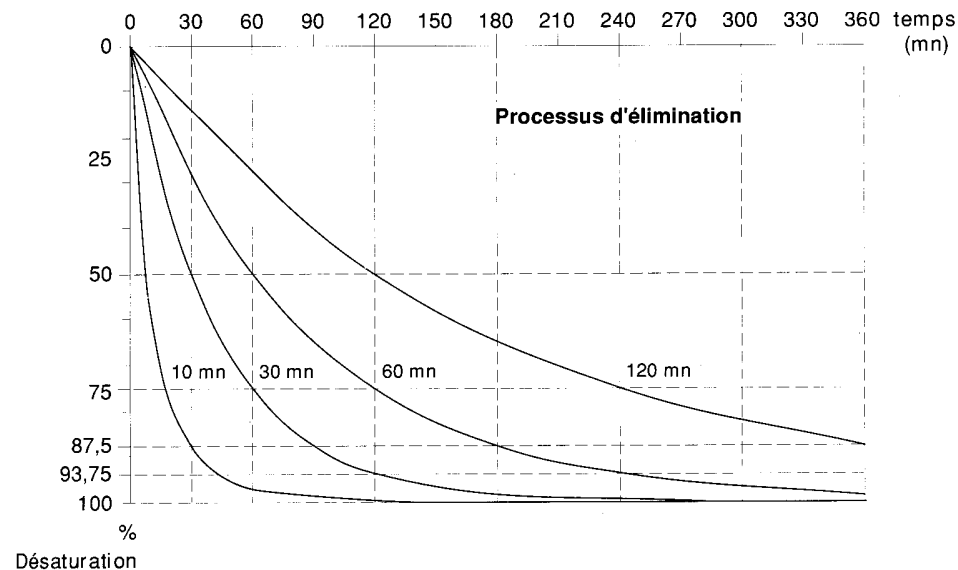
Troubles neurologiques

## Accident de décompression

Loi de Henry



**P** pression ambiante  
Pression d'azote  
dissous (**Tension  $N_2$** )



### Notion de tissus

- 6 à 12 tissus
- Tissus rapides et lents

### Coefficient de saturation critique

$$Sc = TN_2/P \quad 1,54 < Sc < 2,72$$

## Accident de décompression

Loi de Henry

### Facteurs favorisants :

- Plongée profonde, de longue durée.
- Non respect des vitesses de remontée, de la profondeur et de la durée des paliers.

Mais il existe des accidents de décompression avec un profil normal de plongée

- Variabilité individuelle par rapport à un modèle théorique
- Activité physique, froid, stress
- Les shunts

## Accident de décompression

Loi de Henry

### Formation de la bulle :

- $Sc > TN_2/P$
- Gradient de pression négatif (écoulement normal des hautes vers les basses pressions)
- Micro cavitation acoustique (BDC, Souffles, Bruits valvulaires)
- Tribonucléation, Vacuum phenomenon
- Loi de LAPLACE

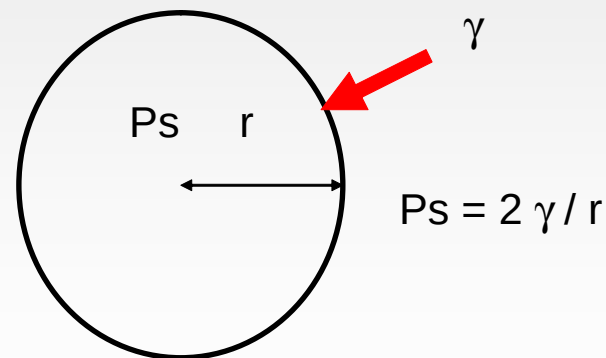
$$P_s = 2 \gamma / r$$

P<sub>bu</sub> pression bulle

$$P_{bu} = P_s + \sum P_i \text{ (P partielle des gaz)}$$

A l'extérieur de la bulle P<sub>H</sub>

A l'équilibre P<sub>H</sub> = P<sub>bu</sub>



## Accident de décompression

Loi de Henry

### Formation de la bulle :

-  $Sc > TN_2/P$

- **Gradient de pression négatif** (écoulement normal des hautes vers les basses pressions)

- **Micro cavitation acoustique** (BDC, Souffles, Bruits valvulaires)

- Tribonucléation, Vacuum phenomenon

- Loi de LAPLACE

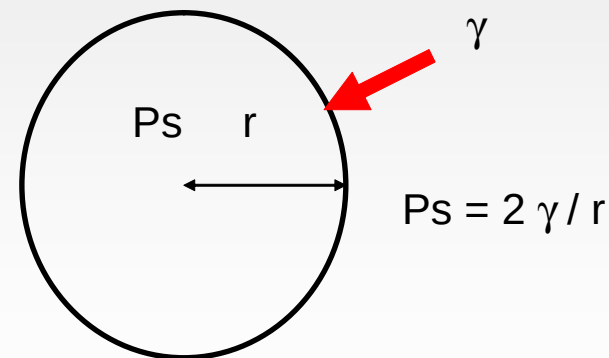
$$P_s = 2 \gamma / r$$

P<sub>bu</sub> pression bulle

$$P_{bu} = P_s + \sum P_i \text{ (P partielle des gaz)}$$

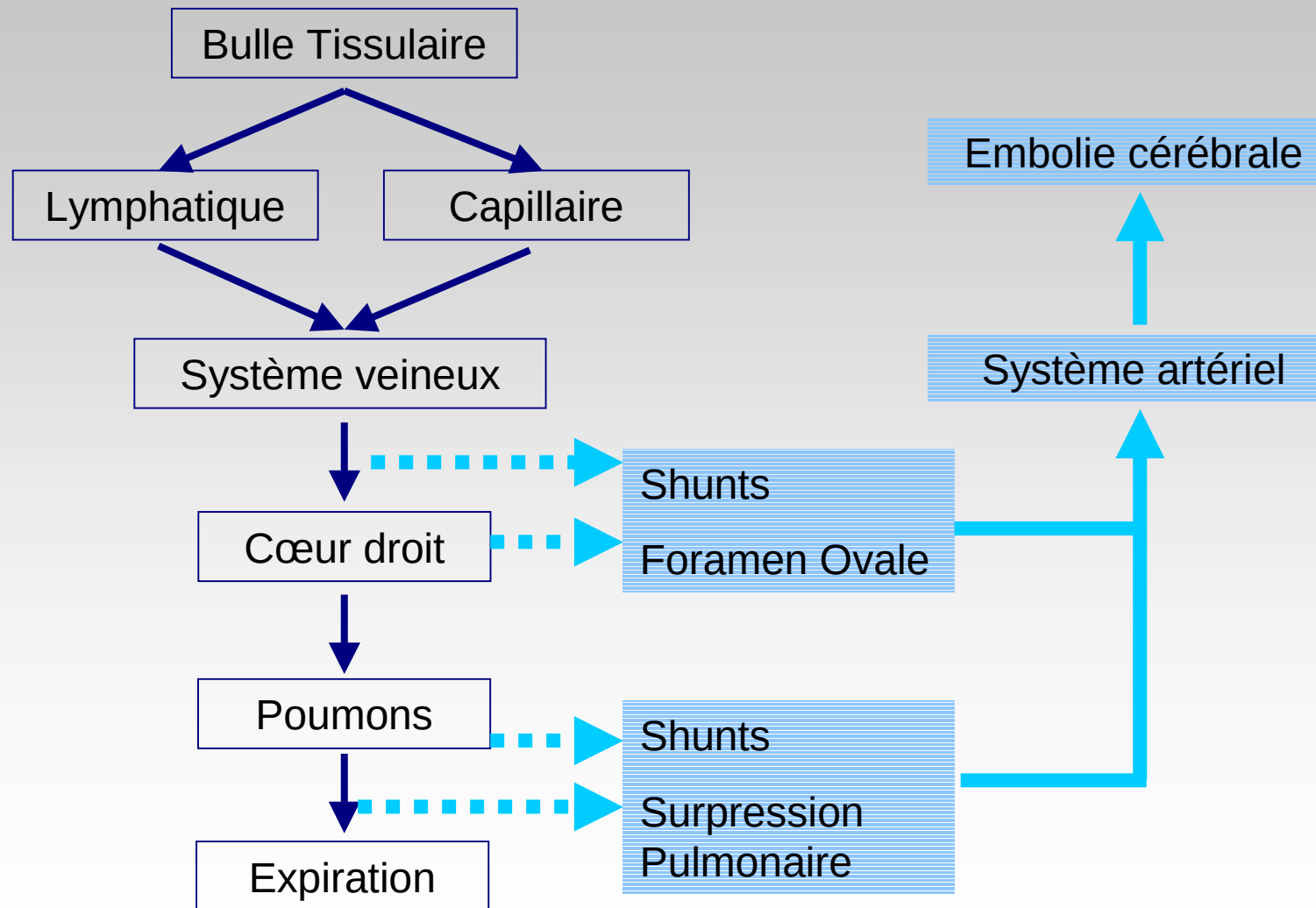
A l'extérieur de la bulle P<sub>H</sub>

A l'équilibre P<sub>H</sub> = P<sub>bu</sub>



## Accident de décompression

Loi de Henry





## Accident de décompression

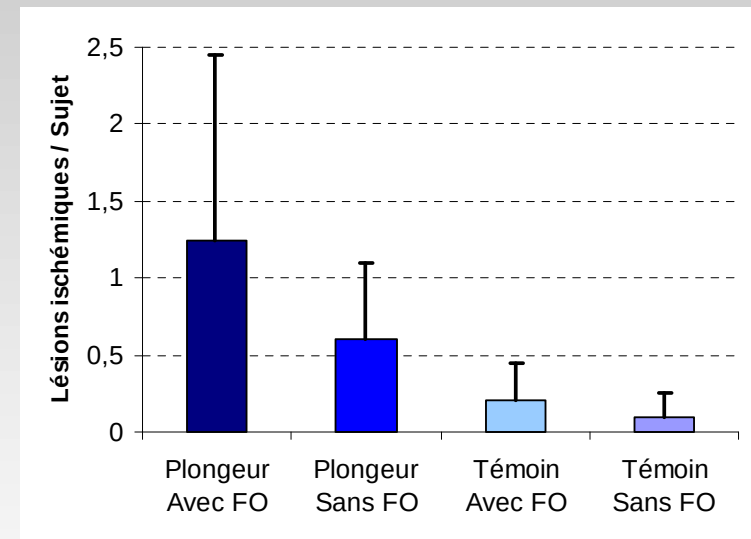
Loi de Henry

Ne pas rechercher un shunt, ne pas rechercher un Foramen Perméable chez le pratiquant.

Un shunt constitue une contre indication à la plongée sous-marine.

Devant un accident de décompression avec respect des profils de décompression il faut rechercher un shunt et plus particulièrement un Foramen Perméable.

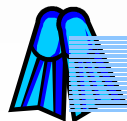
Ne jamais faire de manœuvre de Valsalva à la remontée.



Schwerzmann M et al. Ann Intern Med 2001;134:21-24

# Plan – Spécificités de la PSM

- Les lois physiques, principales répercussions
- Conséquences respiratoires de l'équi-pressure
- Les accidents
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de décompression
- **Asthme et plongée**
- Spécificités "respiratoires" de la VMNCI
- Conclusion



# Asthme et plongée

Loi de Mariotte

Densité du gaz

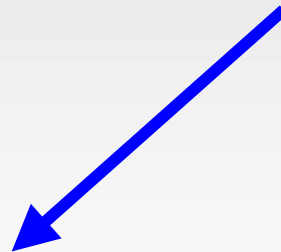
**Notion d'asthme :**

**Evaluation pneumologique**

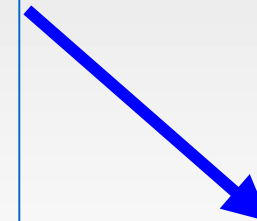
**EFR, Test de réversibilité aux  $\beta_2$**



- Plus de 6 crises par an
- Antécédents de crises graves
- Asthme d'effort ou au froid
- Syndrome obstructif
- Réversibilité significative sous  $\beta_2$
- Nécessité d'un traitement de fond



Au moins 1 critère  
Contre indication



Aucun critère  
Envisageable  
A distance d'1 crise

## Asthme et plongée

Loi de Mariotte

Densité du gaz

### Dans les formes mineures :

Aspect normal de la courbe débit-volume

VEMS > 90% des valeurs théoriques

VEMS / CVL > 75% des valeurs théoriques

Débits distaux > 75% des valeurs théoriques

Absence de réversibilité du VEMS (4 bouffées de  $\beta_2$  mimétiques) et ou  
augmentation de plus de 200 mL

## Asthme et plongée

Loi de Mariotte

Densité du gaz

### Le risque est-il réel ?

Davies MJ et al. Clinical Reviews in Allergy and Immunology 2005; 29: 131-138

104 asthmatiques  
12864 plongées  
1 plongeur  
2 accidents

5,3% d'asthmatiques  
Groupe de 696 plongeurs  
6000 plongées  
0 accident

1213 accid. Décompression  
8% embolies artérielles  
4% des sujets asthmatiques  
5% population de ces  
plongeurs sont asthmatiques

Farrell P.J. Br Med J  
1990; 300: 166

Neuman TS et al.  
Undersea Biomed Res  
1988; 15: 62-63

Corson KS et al.  
Undersea Biomed Res  
1991; 18: 18-19

# Plan – Spécificités de la PSM

- Les lois physiques, principales répercussions
- Conséquences respiratoires de l'équi-pressure
- Les accidents
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de décompression
- Asthme et plongée
- **Spécificités “respiratoires” de la VMNCI**
- Conclusion



## Visite Médicale de NON Contre Indication

[http://medicale.ffessm.fr/contre\\_indic.htm](http://medicale.ffessm.fr/contre_indic.htm)

Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins (FFESSM)

### Contres indications pneumologiques :

Insuffisance respiratoire

Pneumopathie fibrosante

Anomalies vasculaires pulmonaires

Asthme (à évaluer)

Pneumothorax spontané, ou maladie bulleuse même opérée

Chirurgie pulmonaire

Traumatisme thoracique

Pathologie infectieuse

# Plan – Spécificités de la PSM

- Les lois physiques, principales répercussions
- Conséquences respiratoires de l'équi-pressure
- Les accidents
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de décompression
- Asthme et plongée
- Spécificités "respiratoires" de la VMNCI
- **Conclusion**





## Conclusion

La respiration en équi-pressure est à l'origine des problèmes physio-pathologiques générés lors de la plongée.

A l'interface entre l'augmentation des pressions et la dissolution des gaz inertes dans les tissus le poumon est la zone d'échange privilégiée. L'intégrité des fonctions respiratoires va alors prendre tout son sens dans la pratique de la plongée sous-marine.



# Spécificités de la Plongée Sous-Marine

**Dr. Ruddy RICHARD,**  
**Dr. Evelyne LONSDORFER-WOLF,**  
**Dr. Stéphane DOUTRELEAU**

**Service de Physiologie et des Explorations Fonctionnelles, Pôle de Pathologie Thoracique.**  
Nouvel Hôpital Civil  
Les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, 67091 Strasbourg Cedex.  
**Institut de Physiologie E.A.3072.**  
Université de Strasbourg, Faculté de Médecine, 67000 Strasbourg.

Ruddy.Richard@physio-ulp.u-strasbg.fr