

# Accidents de Plongée (ADP)



CHU  
BREST

- Types
- Mécanismes
- Symptômes
- Conduite à tenir
- Prévention

Dr Josiane Arvieux

Centre de Médecine Hyperbare  
Service d'Anesthésie Réanimation

# La plongée sous-marine



loisir

professionnelle

bouteille

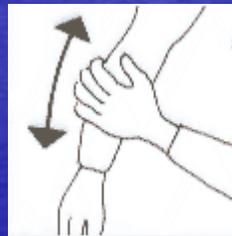
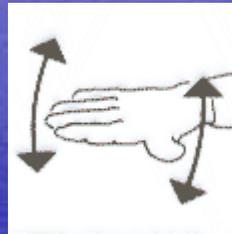
apnée

air

tek

# De simples **incidents** de plongée sont souvent à l'origine des **accidents** les plus graves

1. Douleurs oreilles, sinus, dents
2. Essoufflement
3. Froid
4. Panne d'air
5. Narcose



- Accidents de décompression
- Surpression pulmonaire
- Noyade

panique, remontée rapide, erreur de procédure

# Comprendre les mécanismes des ADP pour tenter d'interpréter les symptômes

- Selon le **type** de plongée : libre (apnée), en scaphandre autonome, air/nitrox/trimix, milieu
- Selon le **profil** de plongée :
  - profondeur maximale et durée totale
  - respect des paliers ou non (tables/ordinateurs)
  - remontée normale, rapide, panique
  - notion d'efforts
  - plongées successives
- Selon le **délai** entre la sortie de l'eau et l'apparition des premiers signes

**Mer**

mais aussi eau douce  
(lacs/carrières/rivières),  
piscine / fosse

et  
autres ...



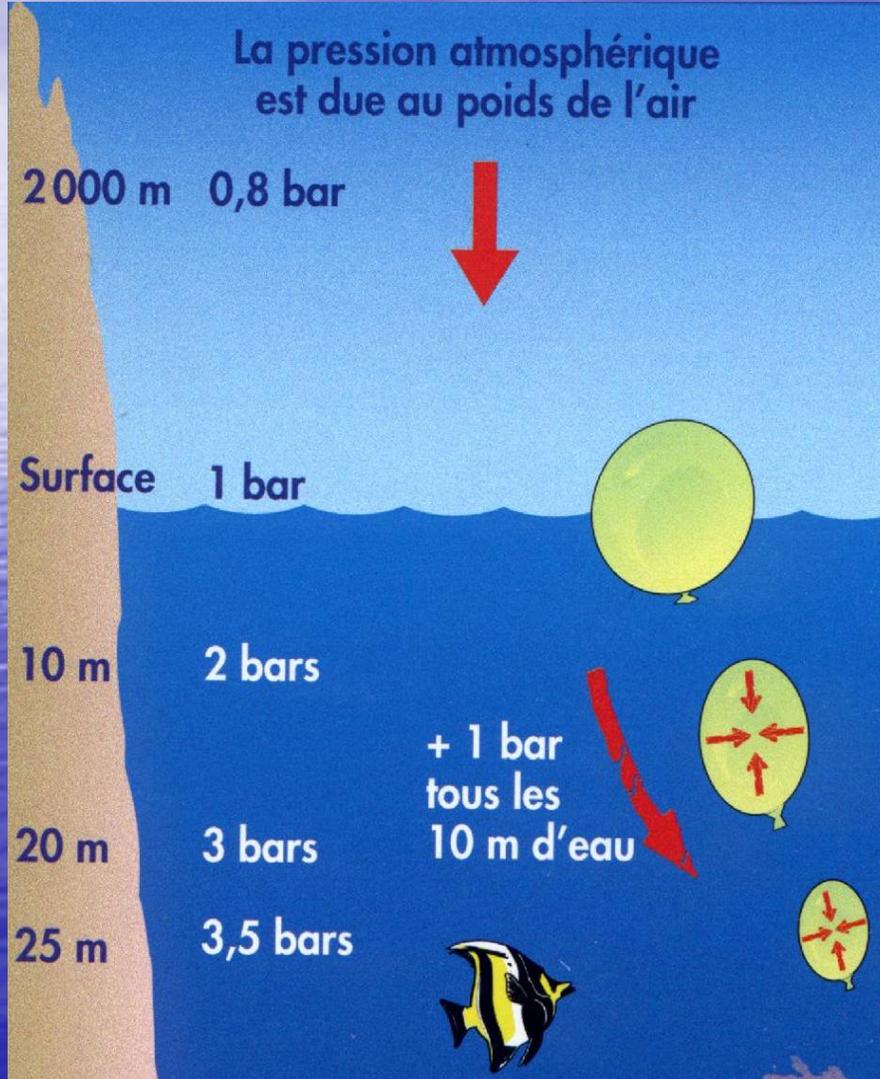
**Le plongeur  
scientifique ?**

# Plongée et environnement subaquatique

- Hostile à l'homme
- Autre état de la matière :  **liquide**
  - l'eau est 800 x plus **dense** que l'air
  - relativement **incompressible**
  - propriétés différentes vis-à-vis de la lumière, des sons, de la chaleur
- Sujétion aux lois de la physique

# Les pressions

1 + 2 = pression absolue



## 1. Atmosphérique

- 1 litre d'air = 1,293 g (niveau de la mer)
- Rôle de l'altitude  
⇒ hypobarie d'altitude

## 2. Hydrostatique

- 1 litre d'eau = 1 kg

# Conséquences des variations de pression **P** en plongée (+1 atm/10 m d'eau)

## DESCENTE : **P** ↗

- ↘ volume cavités gazeuses sauf poumon (détendeur)
- ↗ **P partielle** gaz respirés  
↓
  - Toxicité des gaz respirés (CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>)  
*si valeur seuil dépassée*
  - ↗ solubilisation N<sub>2</sub> dans le sang et les tissus

## REMONTÉE : **P** ↘

- ↗ volume cavités gazeuses  
⇒ surpression pulmonaire si blocage expiratoire
- Sursaturation en N<sub>2</sub>  
↓
  - { Dégazage pathologique
  - { Accident de décompression  
→ *si remontée trop rapide et/ou paliers insuffisants*

# 3 lois physiques régissent la plongée

## Loi de Boyle-Mariotte

$P$  (pression) x  $V$  (volume)  
= constante

## Loi de Dalton

$P_p$  (partielle) d'un gaz  
= % gaz x  $P_a$  (absolue)

## Loi de Henry

Quantité gaz dissous  
=  $\alpha$  (coef. solubilité)  
x  $P_p$  à l'interface  
gaz-liquide

# Barotraumatisme

[ $P \times V = cte$ ]

- Oreille
  - Sinus
  - Dents
  - Poumons
  - Digestif
- } ORL 4 cas/5

ADP

Biochimique  
[toxicité gaz]

[Mécanisme]

Décompression  
[bullaire]

- Narcose N<sub>2</sub>
- Intoxication CO
- Hypercapnie
- Hyperoxie (nitrox)

- Cutané
  - Bend
  - Malaise général
  - Chokes
  - Oreille interne
  - Neurologique
- } I bénins
- } II graves

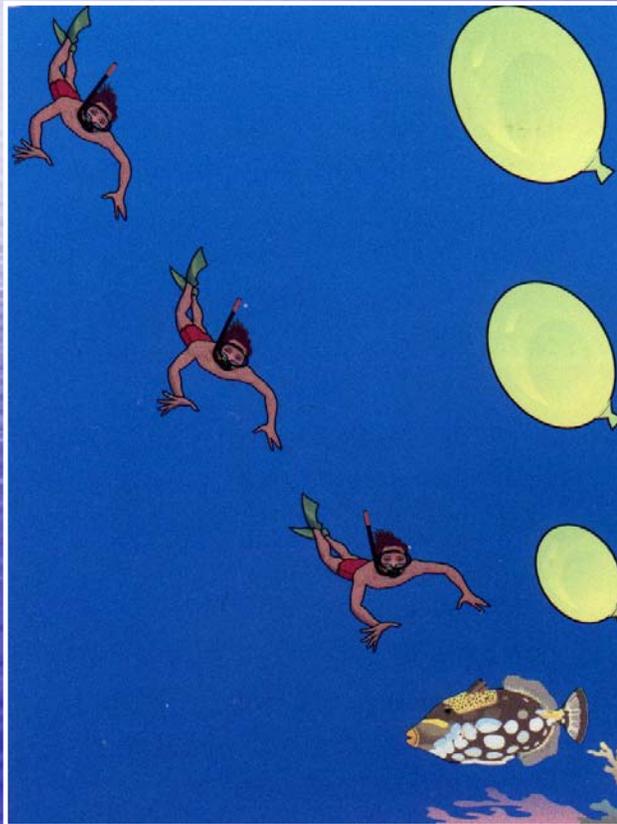
# Loi de Boyle-Mariotte : compressibilité et détente des gaz

*" A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit "*

$$\left\{ \begin{array}{l} P \times V = \text{constante} \\ P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 \dots \end{array} \right.$$

La pression n'agit que sur les gaz (solides et liquides sont incompressibles)

# Loi de Boyle-Mariotte



P	Volume relatif du gaz
surface	100%
- 10 m	vol/2 50%
- 20 m	33%
- 30 m	vol/4 25%
- 40 m	20%
- 50 m	vol/6 16%

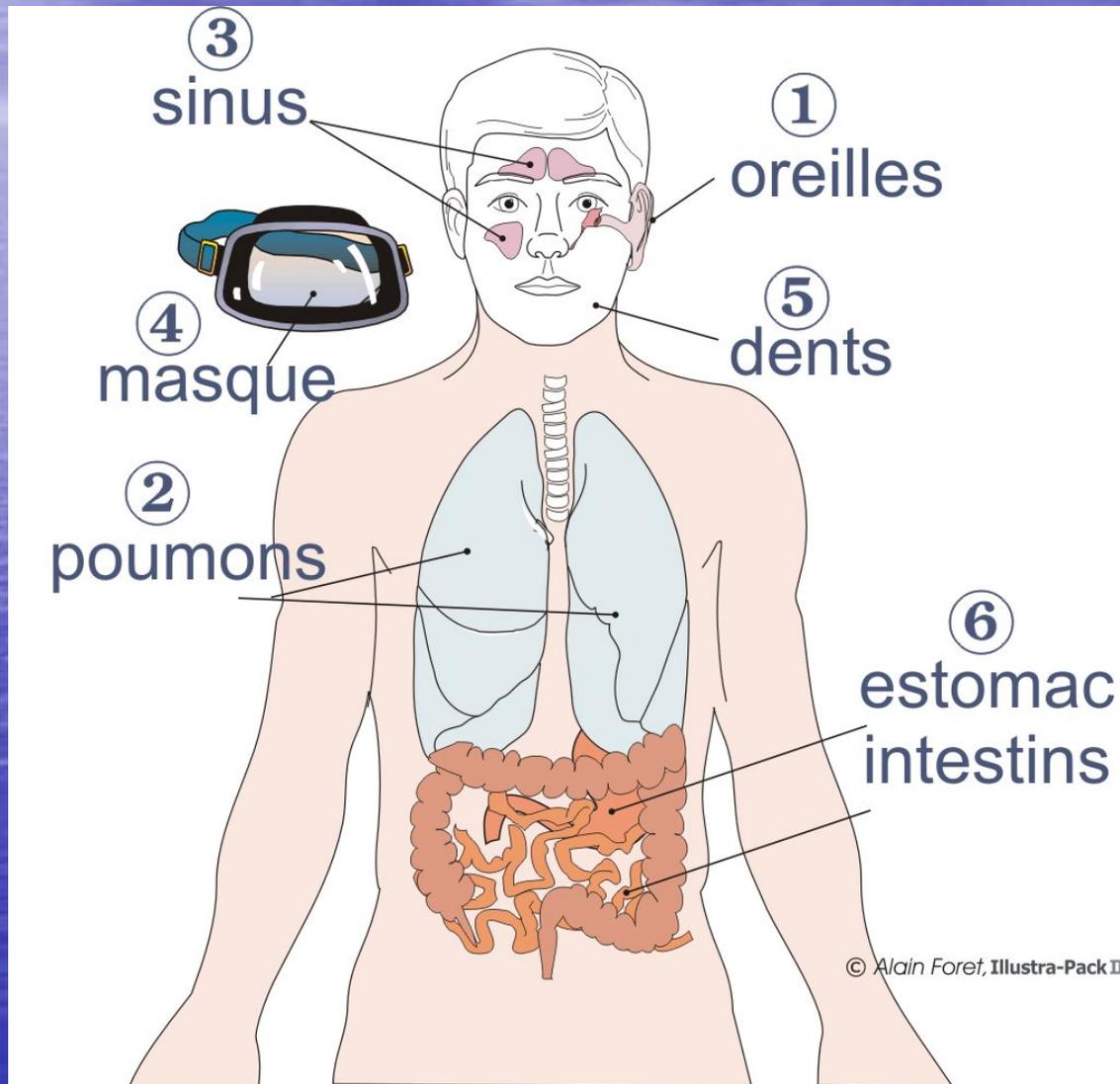
variation de 50%

variation de 4%

## Loi de Boyle-Mariotte : conséquences en plongée

- ↗ de la masse volumique/densité de l'air avec la profondeur  $\Rightarrow$  risque d'essoufflement  
1,29 g/l en surface  $\longrightarrow$  9 g/l à - 60 m (limite de la plongée à l'air)
- Consommation d'air comprimé ↗ avec la profondeur  $\Rightarrow$  calcul théorique d'autonomie
- Variation des volumes gazeux :
  - de l'organisme  $\Rightarrow$  accidents barotraumatiques
  - du gilet, de la combinaison, du parachute...

# Les barotraumatismes (BT)



BT

↓ A la descente

↑ A la remontée

↓↑ Descente ou remontée

} chronologie

↓ Placage de masque

↓↑ Dentaires

↓(↑) ORL (sinus, oreille moyenne et interne)

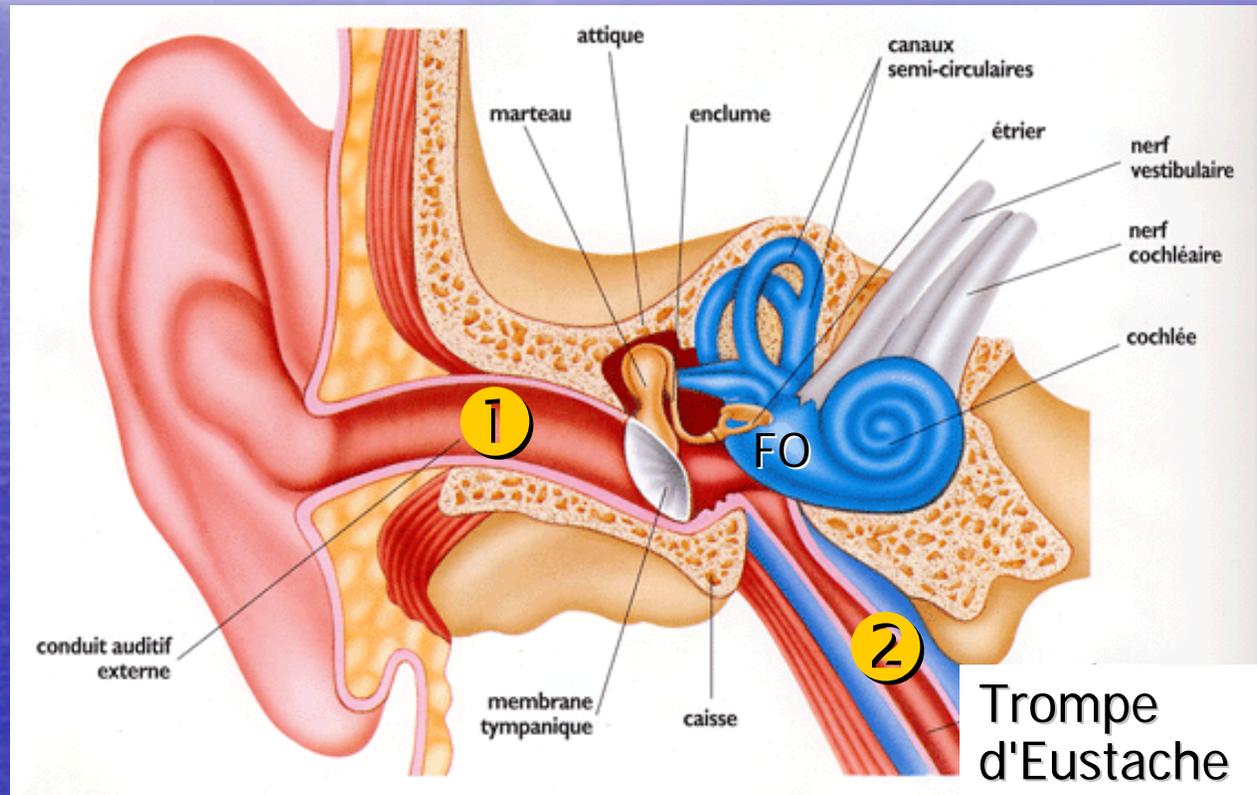
↑ Tube digestif

↑ Surpression pulmonaire

- Volumes aériens concernés : anatomiques ou instrumentaux
- Parois ± élastiques → certaine adaptation de volume mais rupture ou décollement de la paroi quand la limite d'élasticité est dépassée

L'oreille est l'organe le plus agressé par la plongée

Oreille : Externe Moyenne Interne



Causes de BT

- 1 Obstruction du conduit auditif externe (bouchon, ostéome)
- 2 Trouble de perméabilité de la trompe d'Eustache +++

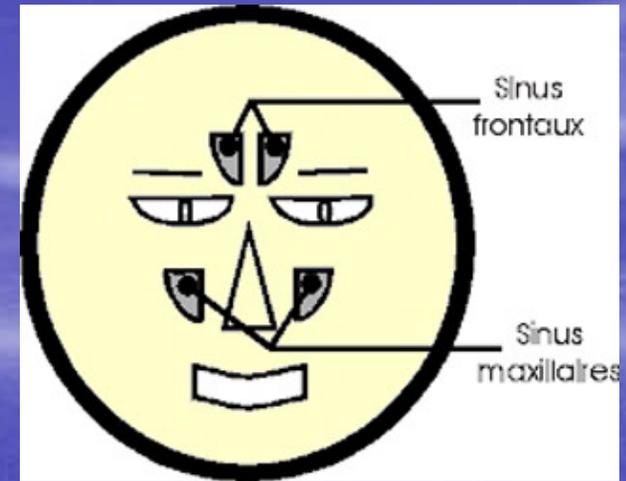
# ↓(↑) Barotraumatismes de l'oreille moyenne

- **Otite moyenne barotraumatique aiguë :**
  - Fréquente (1 à 2 % des plongées)
  - Otalgie violente ou simple gêne avec impression d'oreille bouchée ± acouphènes ; parfois otorragie
  - 5 stades à l'examen otoscopique (rougeur → perforation)
  - Pas de gouttes intempestives dans l'oreille (prescription ORL)
  - Hypoacousie de transmission à l'audiométrie, qui élimine un BT associé de l'oreille interne
- **Maladie barotraumatique progressive de l'oreille moyenne :** surdité irréversible chez de vieux plongeurs par "forçage" tubaire répété, sans avoir eu mal aux oreilles

# ↓(↑) Barotraumatismes de l'oreille interne : *il s'agit d'une urgence sensorielle*

- 10 fois **plus rares** que ceux de l'oreille moyenne
- **Mécanisme lésionnel** :
  - BT mixte = 1 fois sur 2 ("un BT peut en cacher un autre")
  - Coup de piston de l'étrier dans la fenêtre ovale ⇒ risque de rupture des fenêtres ou du canal cochléaire
  - Hyperpression du LCR transmise au secteur périlymphatique
- Intéressent la fonction **cochléaire** et/ou **vestibulaire** :
  - Otalgie, acouphènes, hypoacousie de perception ou mixte
  - Vertiges ± nausées et vomissements; nystagmus
- **Diagnostic différentiel** : vertige alterno-barique et ADD vestibulaire
- **Traitement dès les 1er heures** : perfusions de corticoïdes et vasodilatateurs ; carbogène ou OHB ; antivertigineux

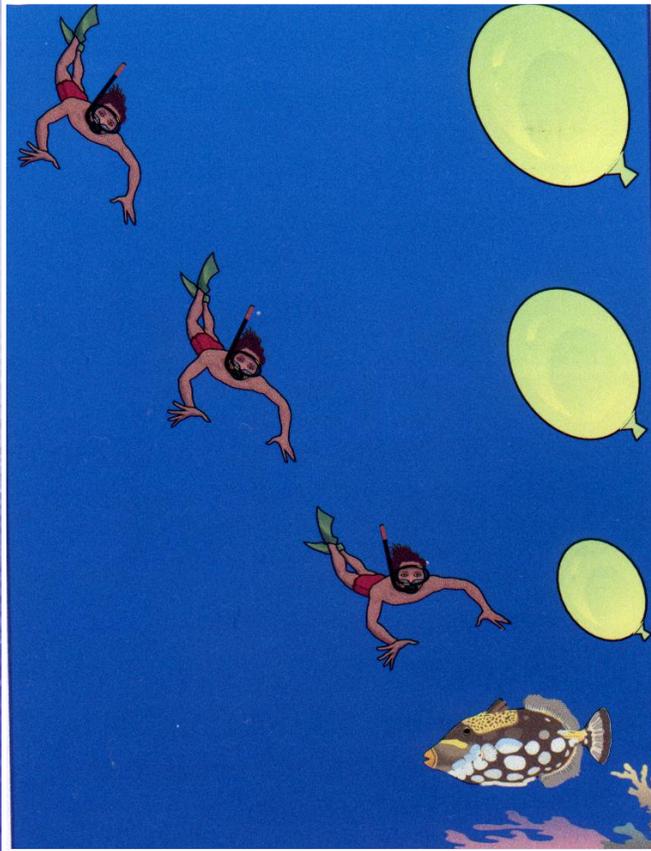
# ↓↑ Barotraumatismes des sinus (frontal > maxillaire)



- Perméabilité de l'ostium ou du canal conditionne l'équipression nez-sinus
- Isolement du sinus en cas d'inflammation nasale, kyste, polype, déviation de cloison
- Douleurs aiguës, parfois syncopales
- Lésions de la muqueuse : œdème, hématome sous-muqueux avec déchirure et hémosinus, **épistaxis**
- Traitement de la congestion nasale : antalgiques, vasoconstricteurs, anti-inflammatoires et antibiotiques
- Prévention : ne pas plonger enrhumé

# ↑ Surpression pulmonaire

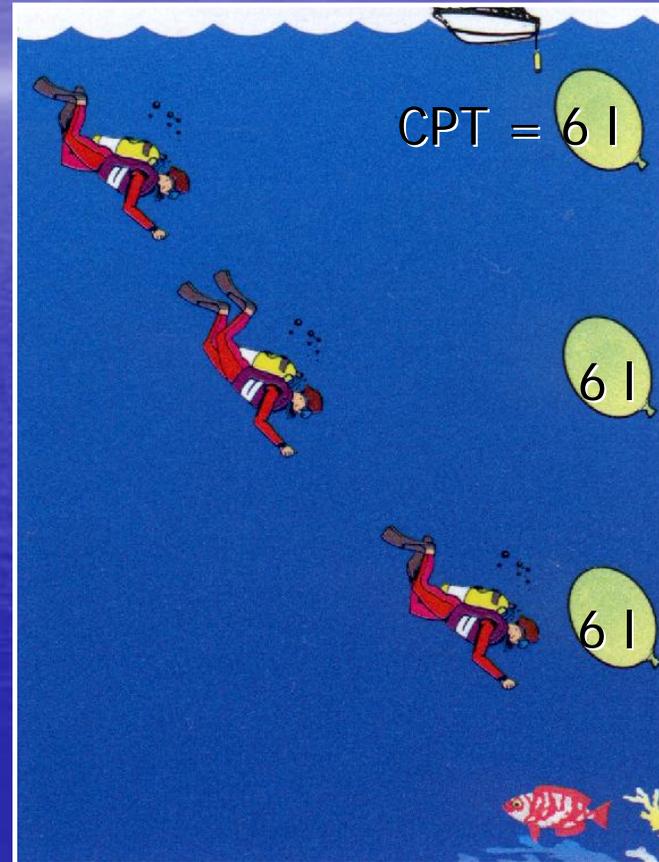
apnée



**NON**

(sauf si prise d'air au fond)

bouteille



Équivalent d'air

à Patm

CPT = 6 l

6 l

Surface

- 10 m

6 l

12 l

- 20 m

6 l

18 l

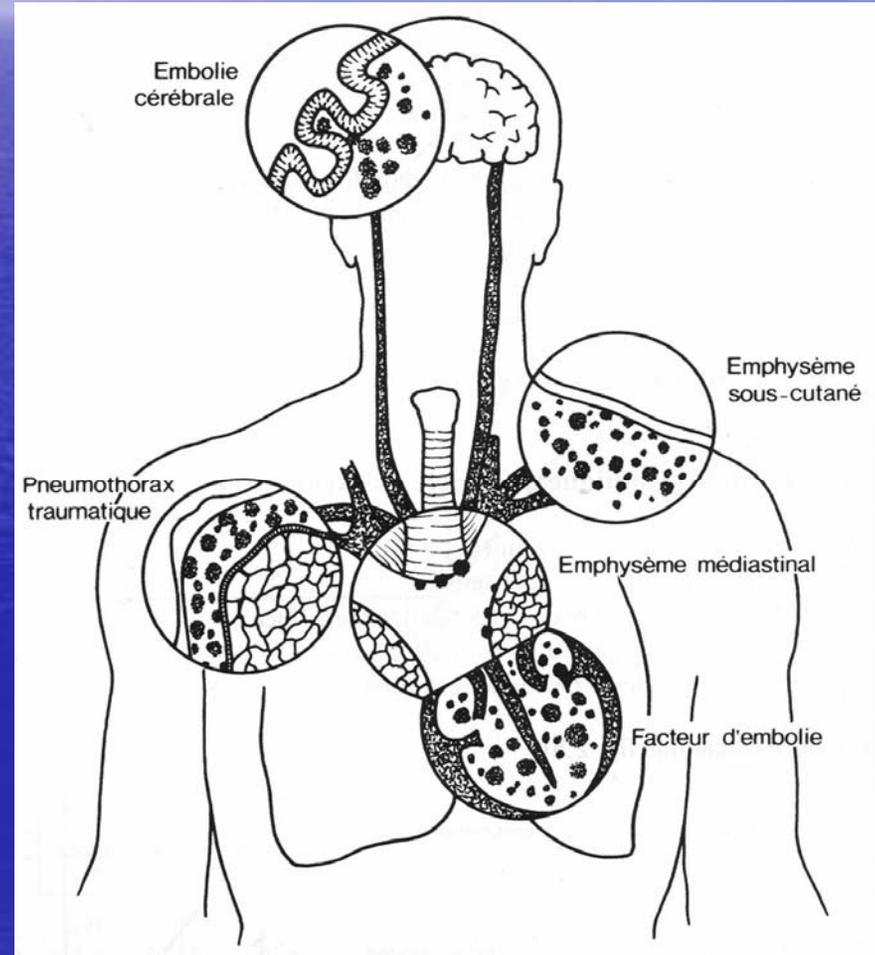
**OUI** (car respiration en  
équipression grâce au détendeur)

# ↑ Surpression pulmonaire : circonstances de survenue

- Accident du **débutant** (femmes surtout) lors d'**exercices**
- **Expiration insuffisante lors de la remontée** :
  - Panique (perte du masque, de l'embout, panne d'air)
  - Spasme glottique (inhalation d'eau), Valsalva, toux
  - Maladie bronchique obstructive (asthme, BPCO, bronchite)
  - Défaut du matériel (détendeur trop dur, en panne...)
- **Fragilité du parenchyme pulmonaire** ou **cavités aériques** (bulles d'emphysème, kystes pulmonaires)
- **Facteurs aggravants** :
  - Proximité de la surface
  - Phase inspiratoire lors du blocage
  - Vitesse de remontée rapide

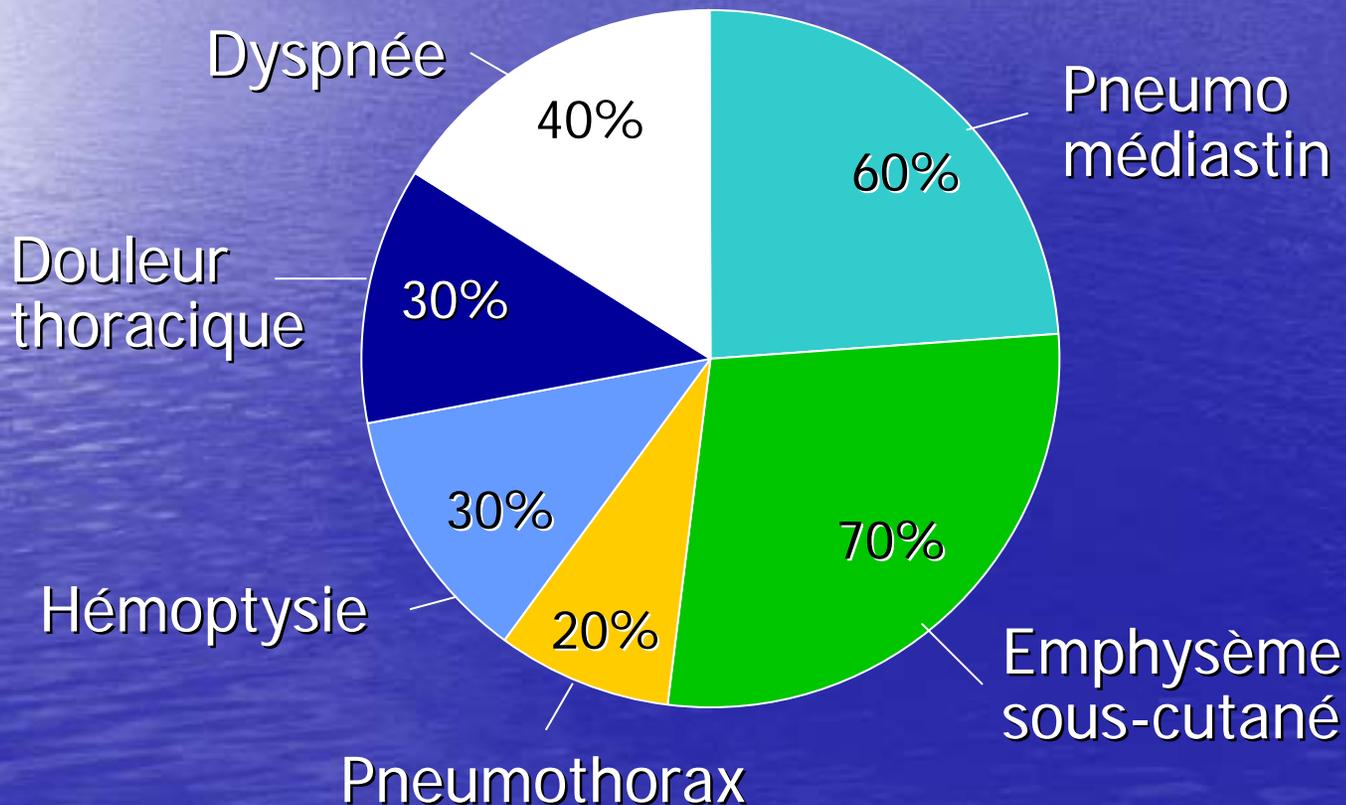
# ↑ Surpression pulmonaire : physiopathologie

- Espace alvéolaire clos à la remontée
- ↗ brutale du volume  
⇒ distension puis **rupture alvéolaire** (effraction)
- **Passage d'air** ⇒
  - pneumothorax
  - pneumomédiastin
  - emphysème sous-cutané
  - embolie gazeuse systémique *via* le cœur gauche



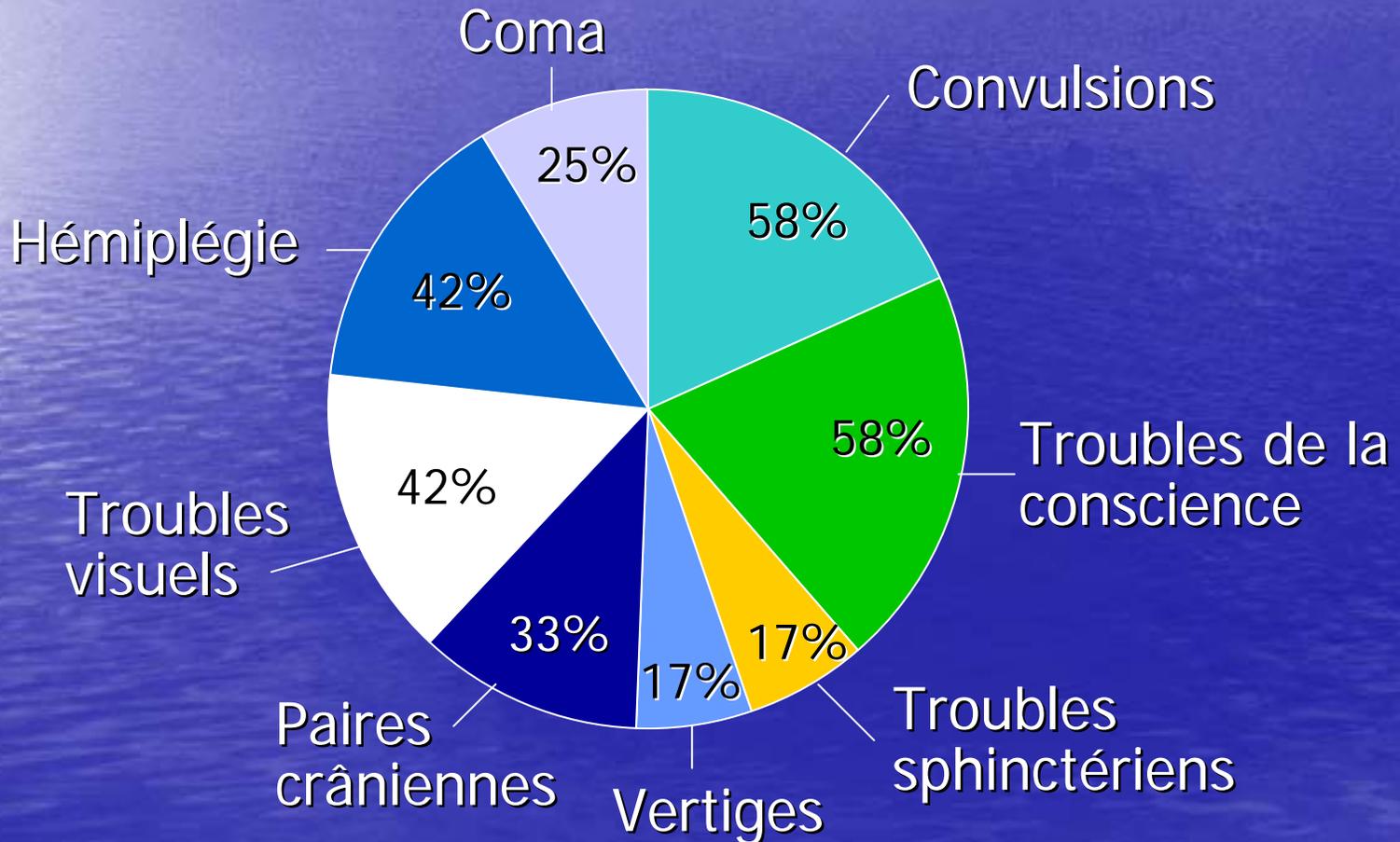
# ↑ Surpression pulmonaire : symptomatologie respiratoire

- Prédomine dans les formes les moins graves



# ↑ Surpression pulmonaire : symptomatologie neurologique

- Liée à l'aéroembolisme cérébral
- A rechercher systématiquement

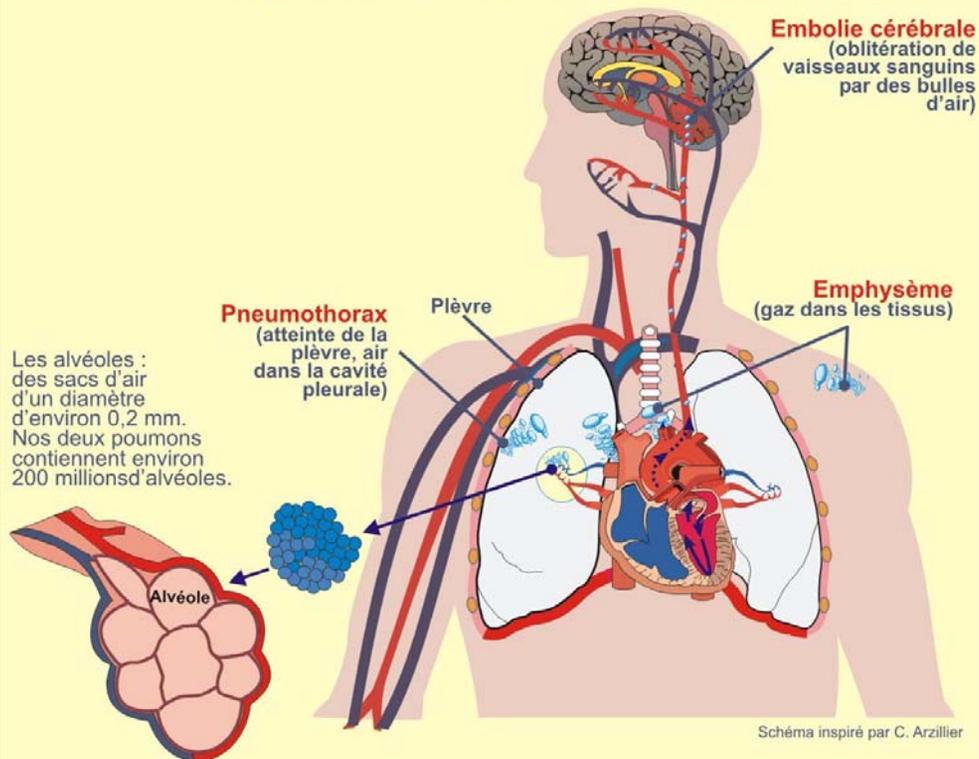


# ↑ Surpression pulmonaire : diagnostic

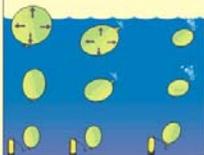
*Toute perte de connaissance à la sortie de l'eau doit faire évoquer la surpression*

- Éléments fournis par l'enquête et la clinique
- Nombreuses formes cliniques : simple distension → pronostic vital en jeu
- Délai très court d'apparition des premiers signes < 5 min
- Trépied symptomatique :
  - signes généraux (asthénie, collapsus)
  - signes respiratoires → font le diagnostic
  - signes neurologiques → font le pronostic
- Diagnostic différentiel : accident de décompression cérébral (association possible), OAP, noyade, intoxic...

# SURPRESSION PULMONAIRE



## CAUSES



Blocage expiration  
Expiration insuffisante

## PREVENTION

- Ne jamais bloquer l'expiration
- Insister sur l'expiration si remontée rapide
- Développer de bons automatismes

## ALERTER



*L'oxygène  
c'est la vie*

En mer : VHF, Canal 16 (CROSS)\*  
A terre : Téléphone 15 (SAMU)

\* Conformément au décret 88-531 du 2 mai 1988

## SECOURIR

**OXYGENE 100%**

**REHYDRATER** (eau, jus de fruit : 1 litre)

**ASPIRINE\*** (proposer : 500 mg maximum pour un adulte)

**ALLONGER ET RECHAUFFER**

\* Conformément aux dispositions de l'arrêté du 22 juin 1998 modifié.  
Sujets conscients ni allergiques ni intolérants. L'aspirine est un médicament, il doit donc être prescrit par un médecin ou donné à la demande expresse de la victime.

La prévention passe par la **formation** des plongeurs et moniteurs :

- progressivité des exercices (LRE, RSE)
- apprentissage de l'expiration
- gestion du stress...

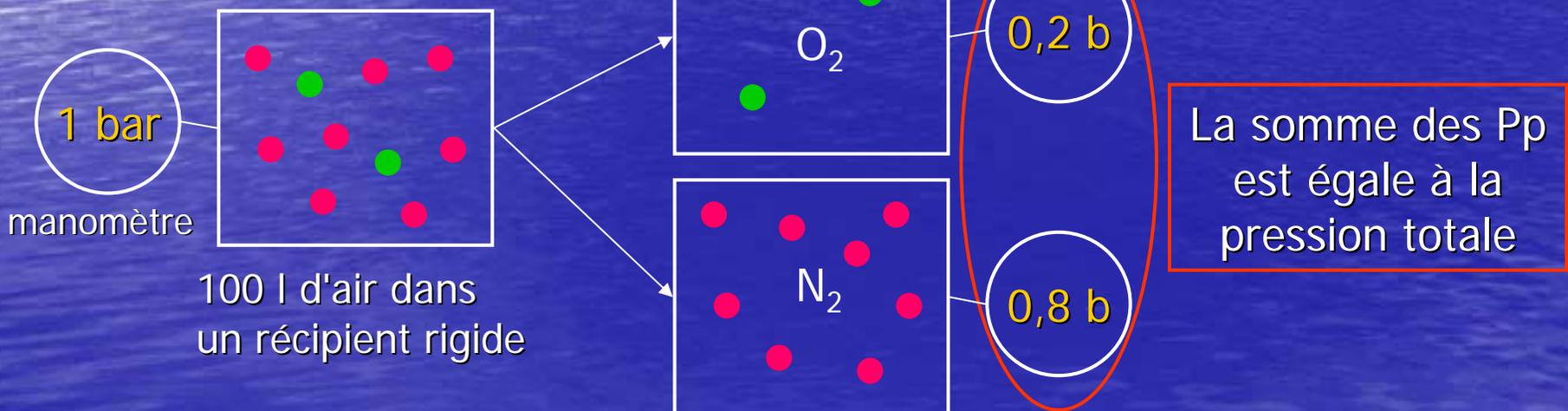
.... et une **sélection médicale** rigoureuse

# Loi de Dalton : mélanges gazeux

L'air est composé de ~ 80 % d'azote ( $N_2$  = gaz diluant) et ~ 20% d'oxygène ( $CO_2$  et gaz rares négligés)

Pression de chaque composant ou P partielle ( $P_p$ )

On sépare  $O_2$  et  $N_2$



# Loi de Dalton : mélanges gazeux

- La pression **partielle** ( $P_p$ ) d'un gaz constituant un mélange :
  - est la pression que ce gaz exercerait s'il occupait seul le volume
  - est égale au produit de la pression absolue par le % de ce gaz

$$P_p = P \text{ absolue} \times \% \text{ du gaz}$$

- La pression **absolue** d'un mélange gazeux est la somme des  $P_p$  de chacun des gaz

$$P \text{ absolue} = \sum P_p$$

# Loi de Dalton : conséquences

- ↘ La composition en % des gaz ne varie pas en fonction de la pression, mais leurs  $P_p$  varient
- ↘ La toxicité d'un gaz est le résultat de ce que "voit" l'organisme ( $P_p$ )  $\Rightarrow$  attention à la pression sous laquelle un gaz est respiré
- ↗  $P_p$  avec la profondeur et **risque d'accidents**
- Définition des **seuils de toxicité** des gaz ( $O_2$  ,  $N_2$ )
- Elaboration des mélanges respiratoires, des tables de plongée
- Principe de **l'oxygénothérapie hyperbare**

Les accidents biochimiques :  
effets toxiques  $O_2$  ,  $CO_2$  ,  $N_2$

# Toxicité de l'oxygène en plongée à l'air

Profondeur (m)	P absolue (bar)	PiO <sub>2</sub> (bar)	Effets
0	1	0,21	0
10	2	0,42	
14	2,4	0,504	
20	3	0,63	<b>Toxicité pulmonaire</b> (effet Lorrain-Smith)  si exposition prolongée = plongées à saturation
30	4	0,84	
40	5	1,05	
50	6	1,26	
60	7	1,47	
70	8	1,68	<b>Toxicité neurologique</b> (Paul Bert) crise convulsive
80	9	1,89	

# Neurotoxicité de l'oxygène

- **Tolérance à l'hyperoxie** dépend de facteurs individuels et d'ambiance (↘ par travail physique, froid, hypercapnie...)
- **Latence** d'autant plus courte que la  $PiO_2$  est élevée, > 1,6-1,7 bar (en plongée) ou > 2,8 bar (en caisson)
- **Signes précurseurs** inconstants : myoclonies, tachycardie, vision en tunnel
- **Crise convulsive** : perte de connaissance et 3 phases (tonique, clonique, retour progressif à la conscience avec amnésie de la crise)
- Risque de noyade et de surpression pulmonaire
- Accident rare en plongée amateur, sauf erreur d'utilisation du **nitrox** (au-delà de 30 m avec nitrox 40%)

# Intoxication par le CO<sub>2</sub> : mécanismes

$$PaCO_2 = PACO_2 = \frac{\textit{production}}{VA} + PiCO_2$$

- **Origine externe (accidentelle) :** ↗ PiCO<sub>2</sub>  
Pollution du mélange respiré par du CO<sub>2</sub>, due au compresseur et à sa prise d'air ou à la cartouche épuratrice de CO<sub>2</sub> (recycleurs)
- **Origine interne :** ↗ *production métabolique*
  - activité musculaire excessive (ancre, courant...)
  - lutte contre le froid, émotion
- **Difficulté de l'élimination par la ventilation alvéolaire**
  - Masse volumique du mélange respiré proportionnelle à la pression, donc moins fluide ⇒ ↗ résistances à l'écoulement
  - Respiration trop superficielle et effet espace mort
  - Résistance du détendeur, combinaison trop serrée
  - Sensibilité individuelle au CO<sub>2</sub>

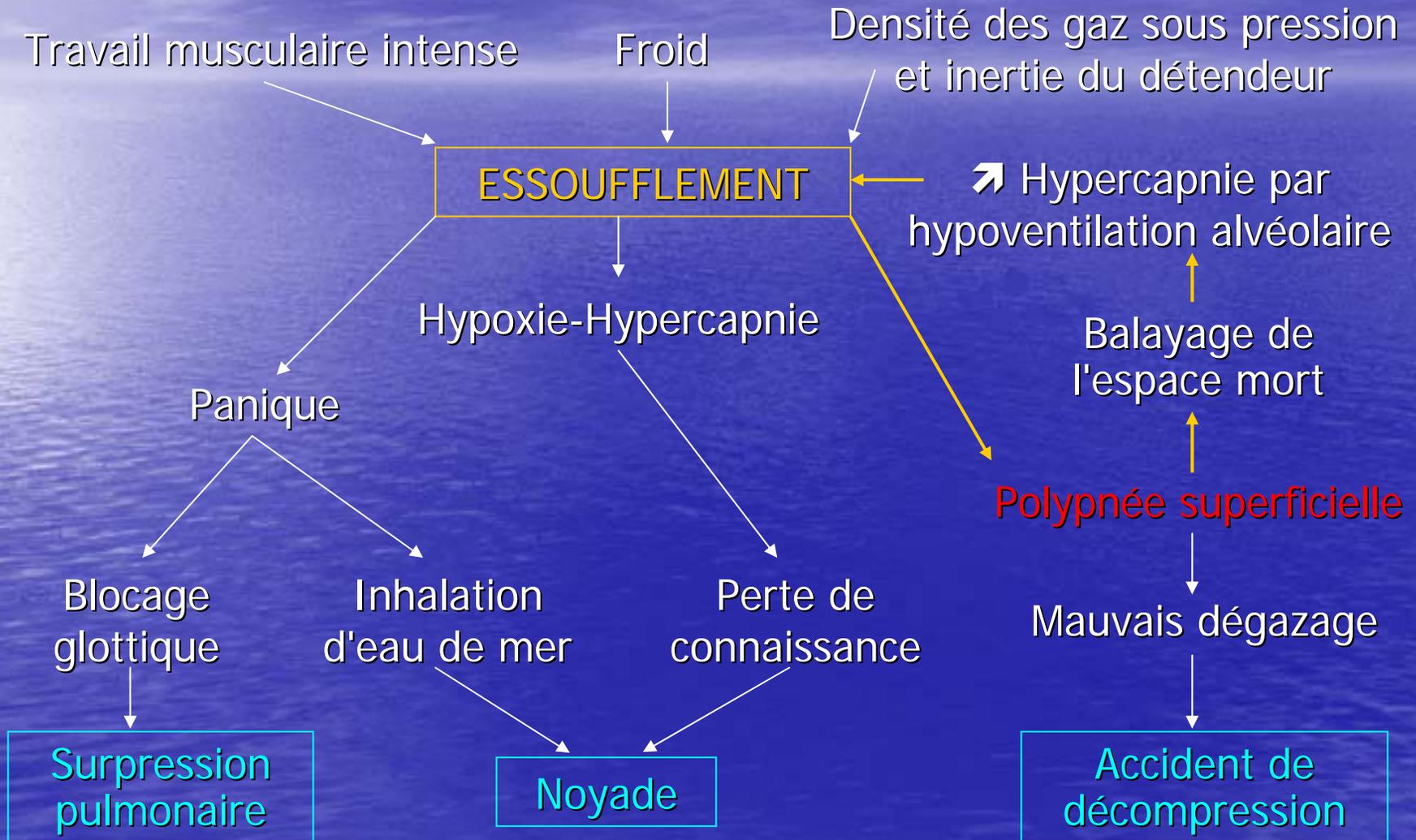
# Signes cliniques de l'hypercapnie

si la bouteille contient 1% de CO<sub>2</sub> (normale < 0,05%)



Profondeur (m)	P absolue (bar)	PiCO <sub>2</sub> (bar)	Effets
0	1	0,01	0
10	2	0,02	Hyperventilation par les chemorécepteurs
20	3	0,03	
30	4	0,04	Essoufflement croissant <b>Céphalées</b>
40	5	0,05	
50	6	0,06	Tachypnée incontrôlable <b>Céphalées, Vertiges</b> Vomissements
60	7	0,07	
70	8	0,08	Stupeur, Ebriété Perte de connaissance
80	9	0,09	

# Causes et conséquences de l'essoufflement (désadaptation ventilatoire aiguë)



# Ivresse des profondeurs ???



Titanic

# LA NARCOSE



30 m

**Zone à risques  
pour les plus sensibles**

40 m

**Zone à risques  
pour tous les plongeurs**

60 m

**Zone dangereuse**

# Narcose aux gaz inertes

$N_2$  (plongée à l'air)  $\gg H_2 \gg \gg He$

en corrélation avec leur solubilité dans les graisses

- Signes d'apparition **progressive** au-delà de  $\sim 40$  m à l'air, **réversibles** en remontant de quelques mètres
- **Troubles du comportement et de l'humeur** :
  - euphorie, bouffées d'angoisse, irritabilité, repli sur soi
  - incoordination motrice, arrachage du masque ou de l'embout
  - désorientation, fuite des idées, viscosité mentale
- Altération de la thermorégulation favorisant l'hypothermie
- Dépression respiratoire contribuant à l'hypercapnie
- **Facteurs favorisants** : alcool, fatigue, anxiété, inexpérience
- **Limite réglementaire** (ministère du travail et de la défense)  $\rightarrow$   
 $P_{pN_2} = 5,6$  bar soit 60 m à l'air

# Tests de narcose : plongée à l'air à 80 m

Figure 2  
Narcose aux gaz inertes. Tests effectués chez des Plongeurs.

8696  
- 5878  
-----  
2818

7581  
x 285  
-----  
59888  
15162  
-----  
2160585

9648 | 84  
84 | 42  
-----  
1008

SUJET C...

8269  
- 5874  
-----  
2395

7865  
x 376  
-----  
53970  
27090  
-----  
29595

8574 | 84  
137 | 35  
-----  
17

SUJET M...

TEST ARITHMÉTIQUE  
Air à -80m

- écriture modifiée
- fautes d'attention (etc...)
- erreurs sur les retenues

Figure 1  
Narcose aux Gaz Inertes  
Tests effectués chez des Plongeurs

SUJET H...

tas de casse

PU10

SUJET M...

PU12

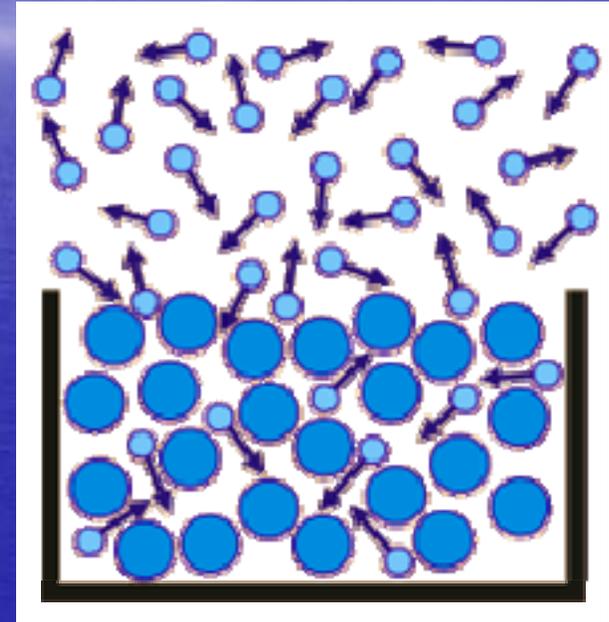
LABYRINTHES DE PORTHÉUS  
Air à -80m

# Loi de Henry : dissolution des gaz

- Les liquides dissolvent des gaz  $\circ \rightarrow$  ( $O_2$  respiré par les poissons, boissons gazeuses...)
- En immersion/caisson, l'organisme se comporte comme un liquide et va dissoudre les gaz respirés



diffusion des molécules de gaz dans le liquide  $\longrightarrow$   
**situation d'équilibre stable** : flux entrant = flux sortant  
(saturation)



Réceptacle d'eau ou tissu

# Loi de Henry : facteurs de la dissolution

*" A température donnée et à saturation, la quantité de gaz dissous dans un liquide est directement proportionnelle à la  $P_p$  du gaz au contact du liquide "*

- le gaz → l'air
  - le liquide → les tissus
  - la surface de contact → les poumons
  - la température → 37°C (le froid majore la dissolution)
  - le temps → la durée de la plongée
  - la pression → la profondeur
- Coef. de solubilité fonction du gaz et du tissu
- pour utiliser les tables de décompression

# Décompression :

## "on ne paie qu'à la sortie"

- **Procédure de décompression**

(vitesse de remontée et paliers)

= "chemin" pour revenir à  $P_{atm}$   
en évitant **sursaturation critique**  
et dégazage pathogène

- Calculée à l'avance :

→ **tables**

- Calculée en temps réel :

→ **ordinateurs**

en fonction des paramètres de la plongée  
(durée, profondeur, mélange respiré, travail)

$$\frac{T_{N_2}}{P_{abs}} \leq S_c$$



# Les accidents de décompression (ADD) ou biophysiques

# ADD :

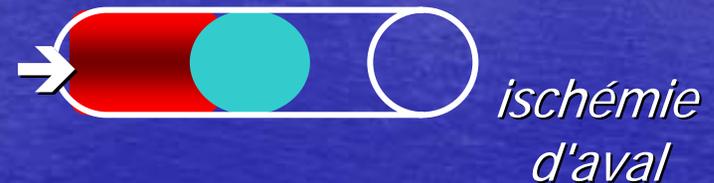
## mécanismes pathogéniques des bulles

Exemple de bulle coincée dans

1- le tendon d'un muscle

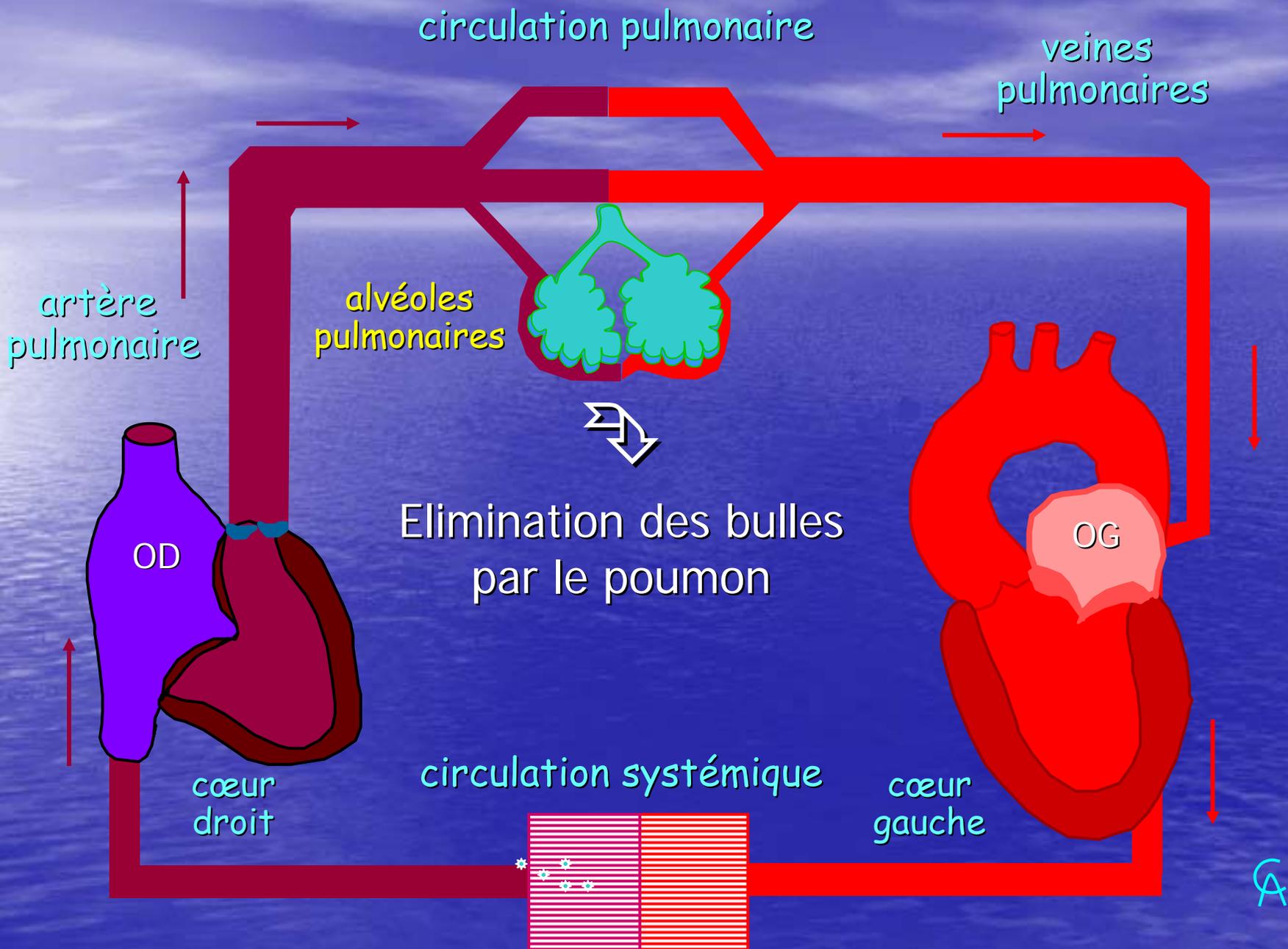


2- un vaisseau terminal



- Effets délétères directs/mécaniques :
  - 1- traumatisme tissulaire → compression ou dilacération
  - 2- obstruction vasculaire → ischémie d'aval possible
- Effets délétères indirects/biochimiques :

maladie de décompression → autoentretien des troubles



circulation pulmonaire

veines pulmonaires

artère pulmonaire

alvéoles pulmonaires

OD

Elimination des bulles par le poumon

OG

cœur droit

circulation systémique

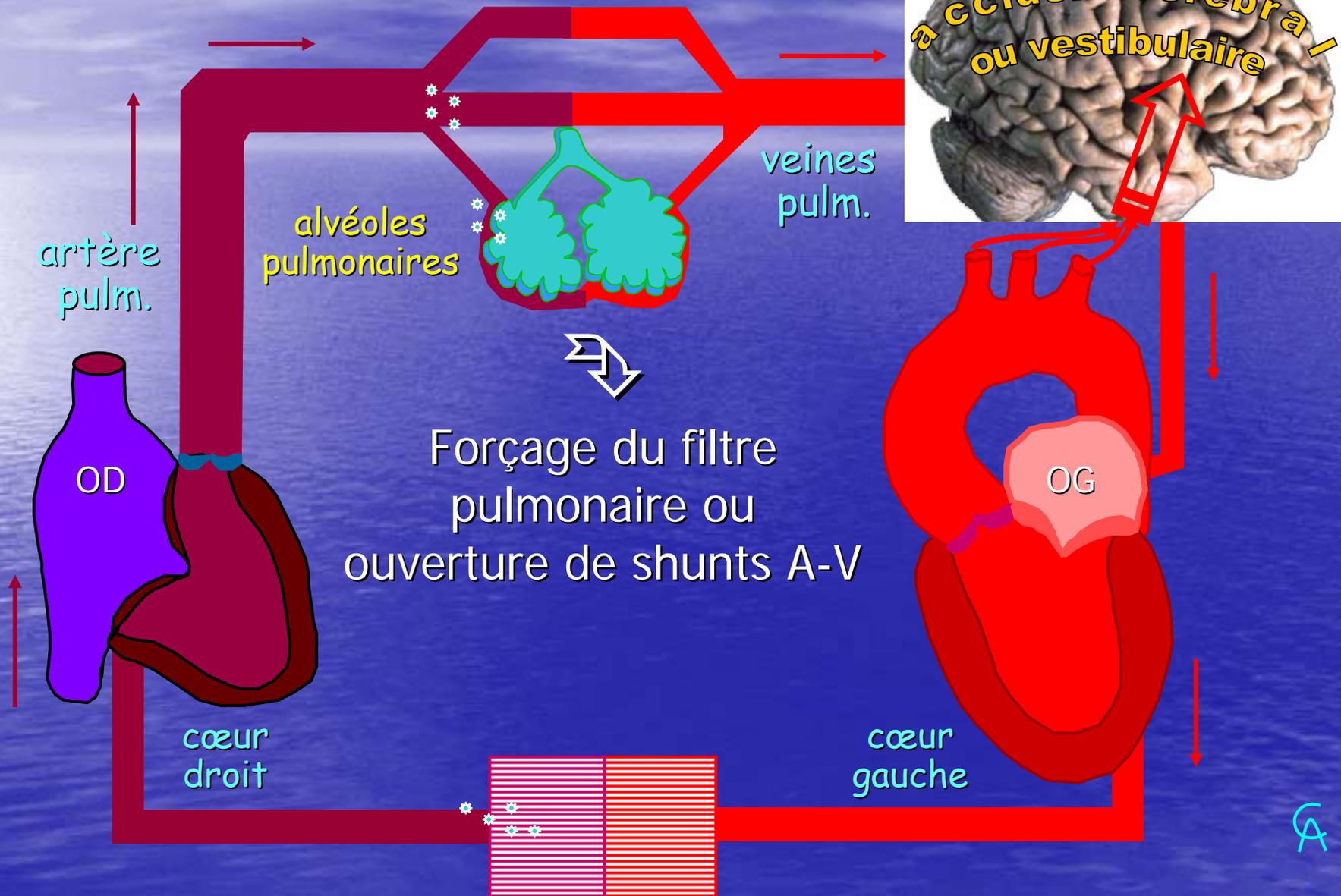
cœur gauche



# ADD : bulles circulantes et formation de bulles artérielles pathogènes

- Production des bulles sur le **versant veineux**
- **Embolisation du filtre pulmonaire** :
  - Détresse respiratoire aiguë ou "chokes"
  - Ischémie médullaire rétrograde par stase dans les veines azygos et épidurales
- **Embolisation systémique par** :
  - ① ouverture de shunts pulmonaires
  - ② persistance d'un shunt cardiaque (problème du FOP)
- Passage droit-gauche favorisé par **l'hyperpression intrathoracique** (toux ou Valsalva à la remontée, profil yo-yo, effort ou apnée après la plongée)

# circulation pulmonaire



accident cérébral  
ou vestibulaire

artère  
pulm.

alvéoles  
pulmonaires

veines  
pulm.

OD

Forçage du filtre  
pulmonaire ou  
ouverture de shunts A-V

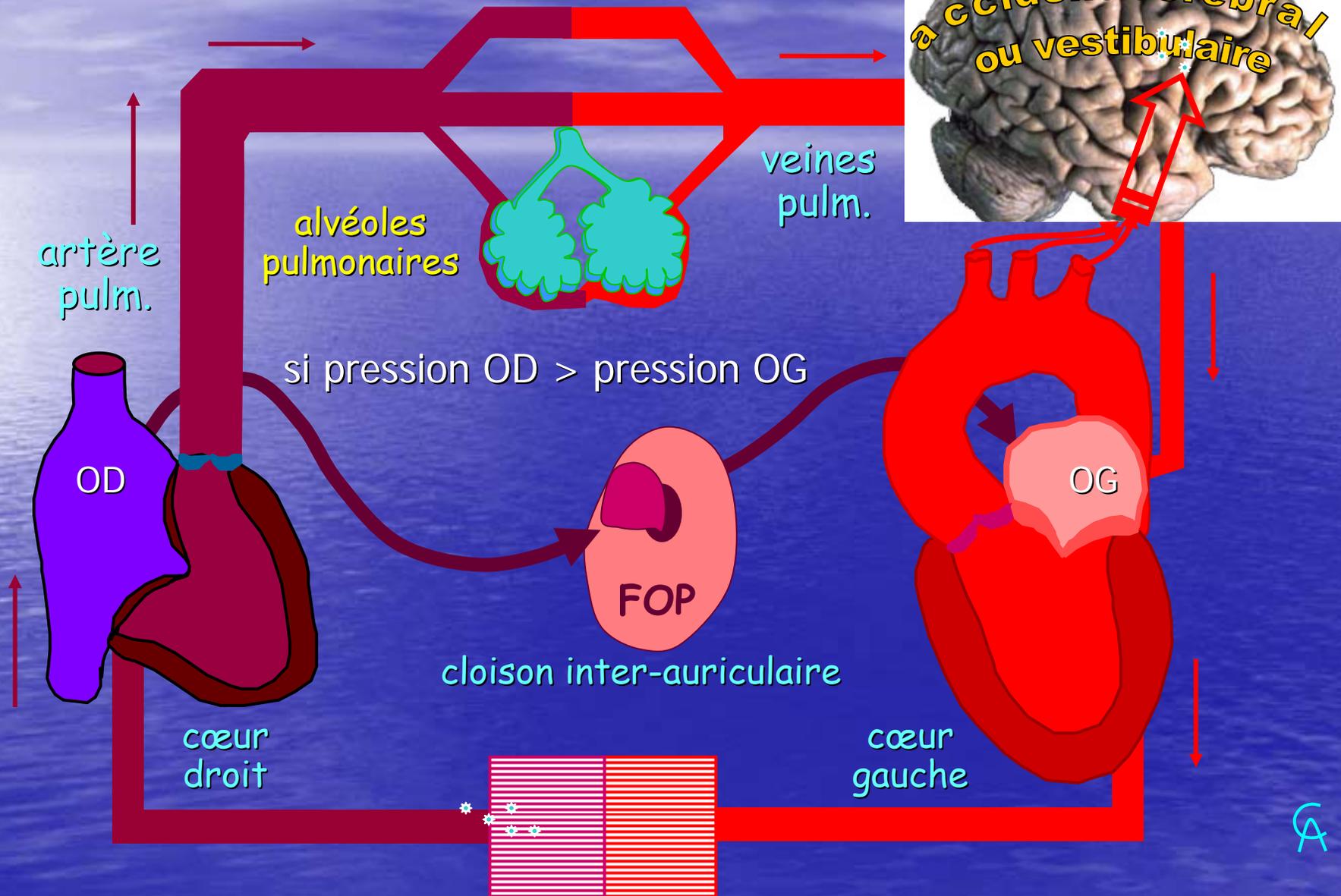
OG

cœur  
droit

cœur  
gauche



# circulation pulmonaire



# ADD : Facteurs favorisants

- Inhérents au plongeur
  - Fatigue ou "méforme"
  - Manque d'entraînement
  - Obésité
  - Ages extrêmes
  - Etats thrombophiliques
  - Atteintes hépatique, pulmonaire, cardio-Vx
- Propres à la plongée
  - Hypercapnie + + +
  - Efforts physiques
  - Plongées successives
  - Profil yo-yo
  - Stress, froid, lestage
  - Apnée après la plongée
  - Valsalva à la remontée

# ADD : accidents cutanés

- **Bulles emprisonnées dans les capillaires sous-cutanés** (surtout en caisson ou vêtement sec, quand zone de compression)
- **Bénins** mais précèdent parfois des accidents plus graves
- **"Puces"** : piqures, prurit du nez, oreilles, tronc
- **"Moutons"** : macules, boursouflures
- Rash hémorragique ou emphysème sous-cutané (lombaire, péri-ombilical, zone comprimée)
- **Diagnostic différentiel :**
  - Paresthésies des mb inférieurs de l'ADD neurologique débutant
  - Emphysème sous-cutané (sus-claviculaire, cervical ou facial) de la surpression pulmonaire
  - Crise de tétanie
  - Pathologie urticarienne due au milieu

# ADD : "bends" ou accidents ostéo-arthro-musculaires

- **Grosse articulation** atteinte (épaule > genou > coude > hanche > poignet > cheville) après effort physique
- **Douleur** juxta-articulaire, à début progressif quelques heures après la plongée, puis **intolérable** (broiement ou arrachement) avec irradiation et impotence fonctionnelle
- Douleur exacerbée par la mobilisation passive+++
- Antalgiques inefficaces, **sédation par la recompression**
- Disparition spontanée en 2-3 j mais récidive en plongée
- **IRM** pour suivre l'évolution : nécrose osseuse, atteinte corticale ?
- **Diagnostic différentiel** : traumatisme, douleur de l'ADD médullaire, pathologie articulaire préexistante

# ADD : ① malaise général et ② manifestations cardio-respiratoires

- Dégazage pathologique et obstruction massive de la circulation pulmonaire/coronaire par des bulles
- ① Asthénie, céphalées, lipothymie, angoisse, dysesthésies
- ② {
  - "Chokes" = détresse resp. aiguë avec polypnée, oppression thoracique, toux puis crachats rosés
  - Ischémie myocardique aiguë
- Rx pulmonaire et ECG
- A recomprimer + surveiller car risque d'accident neurologique (médullaire ou cérébral)
- **Diagnostic différentiel** : surpression pulmonaire, OAP, stress, tétanie, hypoglycémie

# ADD :

## accidents cochléo-vestibulaires

- **Atteinte de l'oreille interne (organe de l'équilibre) :** vertige rotatoire, nausées et vomissements, troubles visuels, déséquilibre, nystagmus horizontal
- Baisse de l'audition (rarement isolée)
- **Diagnostic différentiel :**  
BT de l'oreille interne, mal de mer, vertige alternobarique
- Peu d'amélioration malgré la recompression; compensation centrale
- Recherche de **FOP** et épreuves labyrinthiques avant réaptitude

# ADD : accidents neurologiques cérébraux (1/4 des cas)

- Topographie des lésions et signes selon la localisation de l'embolie gazeux
- Crises convulsives, troubles moteurs (monoplégie, hémiplégie ou quadriplégie), déficits sensitifs et/ou sensoriels (parole, vision)
- **Diagnostic différentiel** : surpression pulmonaire mais association possible
- IRM > TDM à J2-J4
- Meilleur **pronostic** que pour les accidents médullaires (guérison sans séquelles 9 fois/10)
- **FOP** à rechercher avant ré-aptitude

# ADD : accidents neurologiques médullaires (3/4 des cas)

- **Tableaux mal systématisés** et évolution en deux temps (aggravation 1 fois/2 pendant la recompression)
- **Signes précurseurs précoces** (malaise général, douleur entre les omoplates ou en ceinture, fourmillements des membres inférieurs) ou installation à bas bruit en qq. h
- Typiquement : **paraplégie** flasque, déficits sensitifs, troubles vésicaux
- IRM > TDM à J2-J4 → signes dans 50% des cas
- Régression sur qq. semaines (rééducation précoce+++)
- **Séquelles** motrices, sensibles et sphinctériennes

# ADD médullaire cervical

2 mois après



1 an après



*Je peux maintenant marcher avec une seule béquille...  
Les sensations reviennent doucement...  
La "plomberie" ne refonctionne toujours pas...*

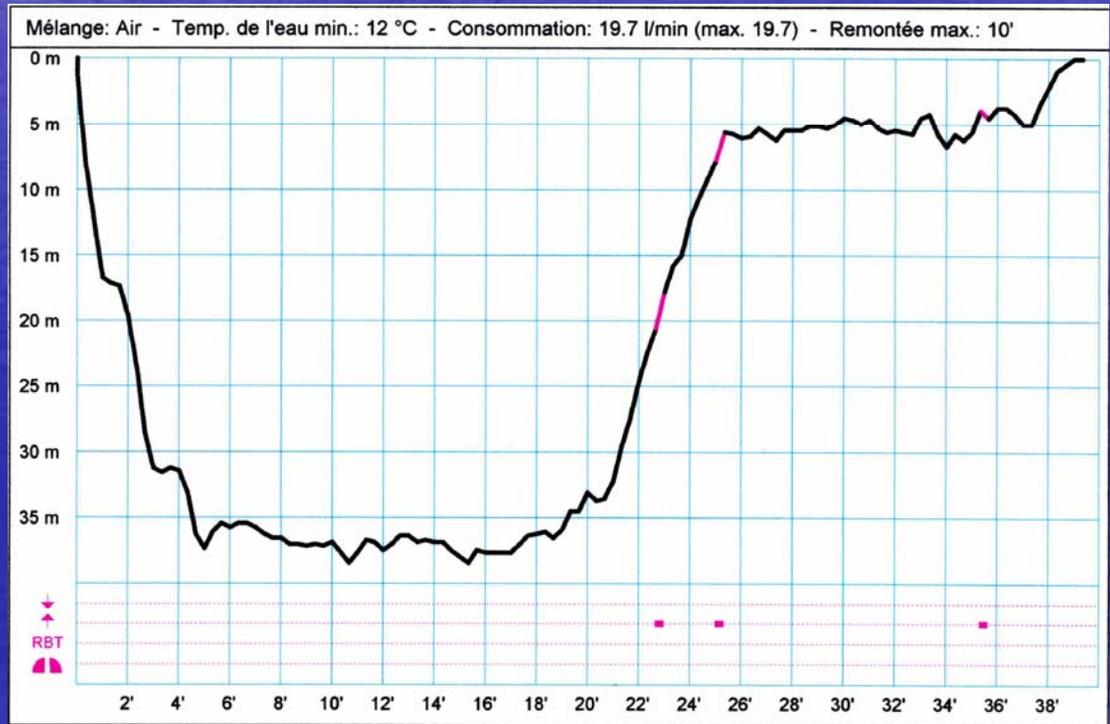
Rééducation à Kerpape

# Contrôle du profil de plongée



Accident de décompression médullaire  
(P... Laurent)

Interfaces ordinateur  
de plongée → PC



Barotraumatisme ①

② Décompression

ADP

Pratique

Et le reste... ④

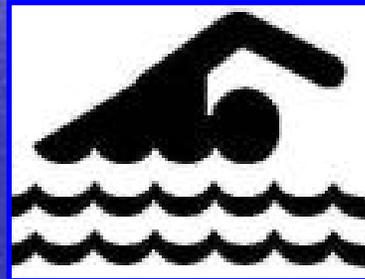
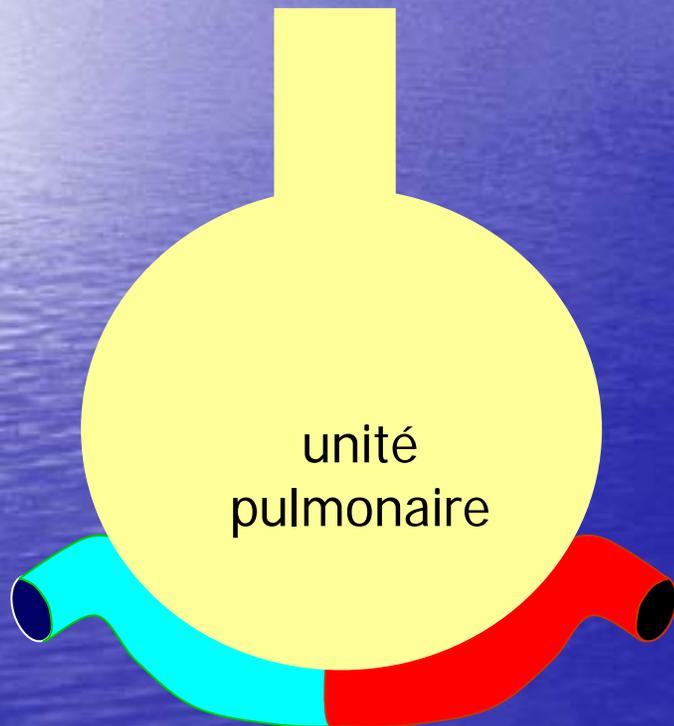
③ Biochimique



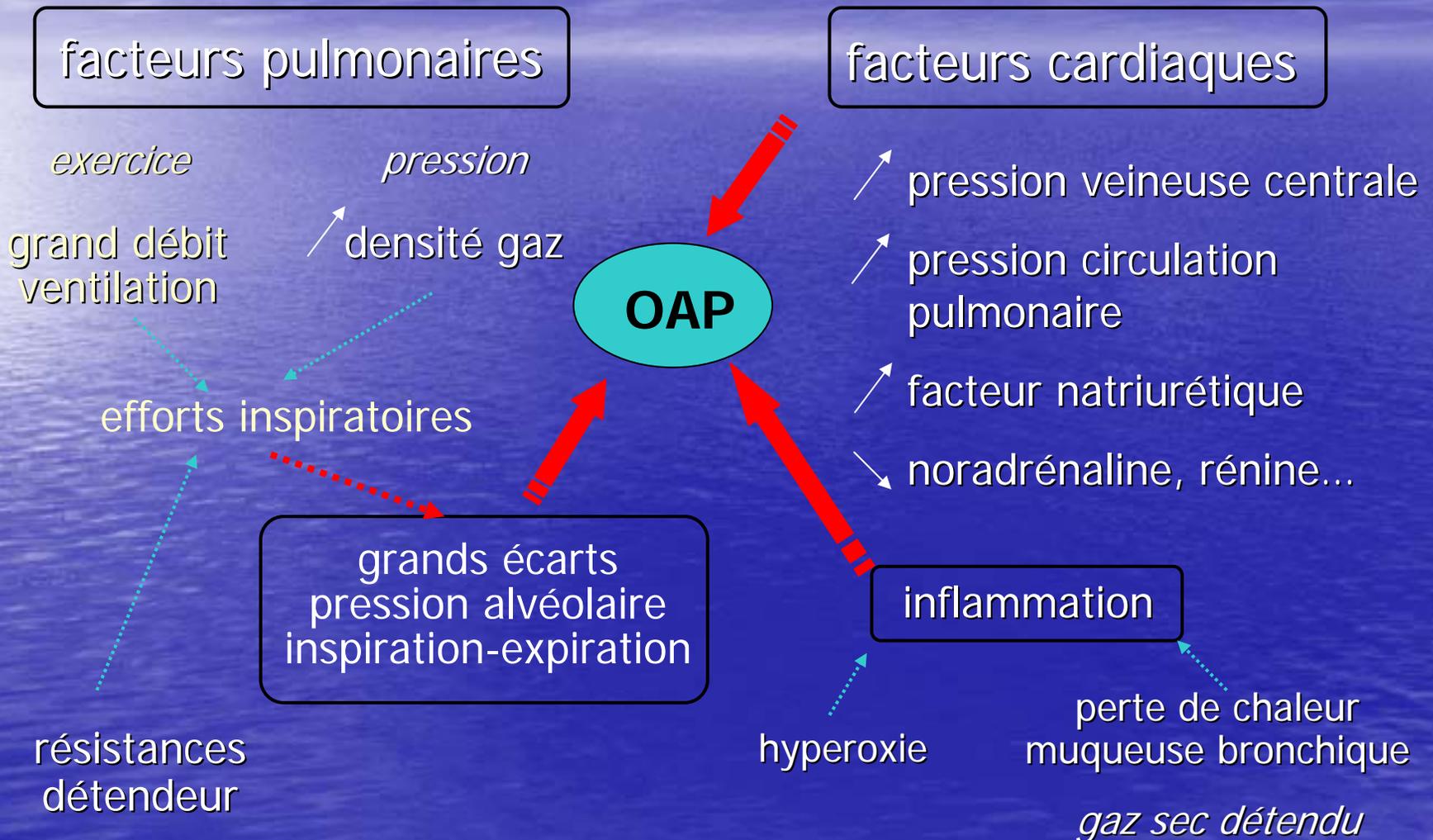
- Signes de noyade secondaire
- Etat d'épuisement, hypoglycémie, hypothermie
- Pathologie cardiaque décompensée par l'effort, l'hypoxie, un essoufflement : accidents coronariens, arythmies, mort subite
- **Œdème aigu du poumon (OAP)**

Une cause d'accident méconnue :

# OAP en plongée (d'immersion)



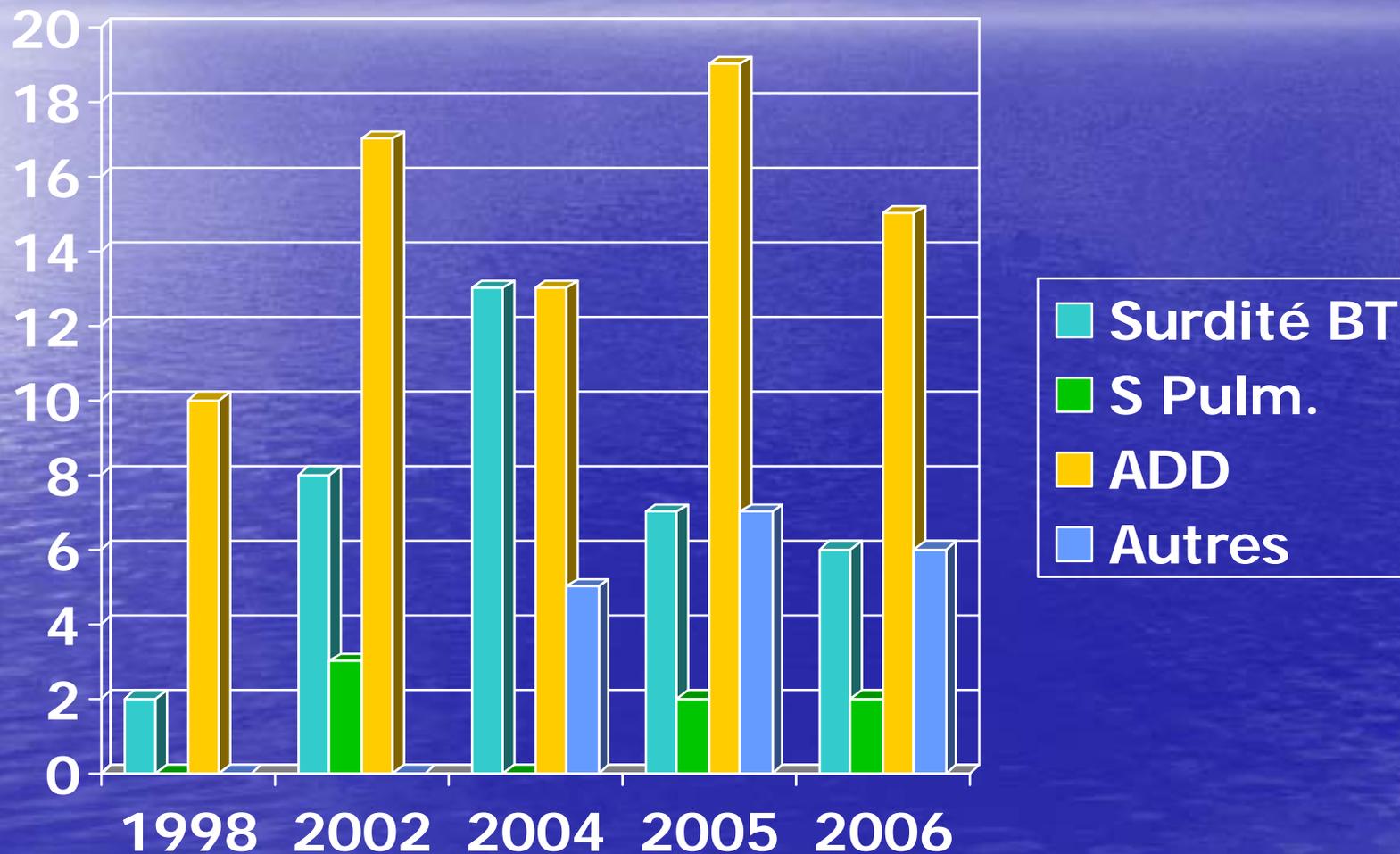
# Mécanismes de l'OAP en plongée



# OAP en plongée : on récapitule....

- Accident souvent négligé car méconnu
- Fréquence sous-estimée, amenée à croître (vieillissement de la population des plongeurs)
- Origine multifactorielle (composantes lésionnelle et cardiogénique)
- Potentiellement grave : perte de connaissance, hypoxie, panique  $\Rightarrow$  noyade, SP, ADD
- Diagnostic différentiel : inhalation, SP, "chokes"
- Résolution spontanée ou sous traitement
- Récidive possible, en plongée ou natation

# ADP pris en charge au caisson de Brest



# Barotraumatisme (BT) [2]

- Oreille interne (surdité) [6] dont 4 en apnée

[2]

- Surpression pulmonaire

- BT sinus + remontée panique
- BT hypopharynx  
⇒ emphysème sous-cutané

ADP

Et le reste...

[4]

[Nombre]

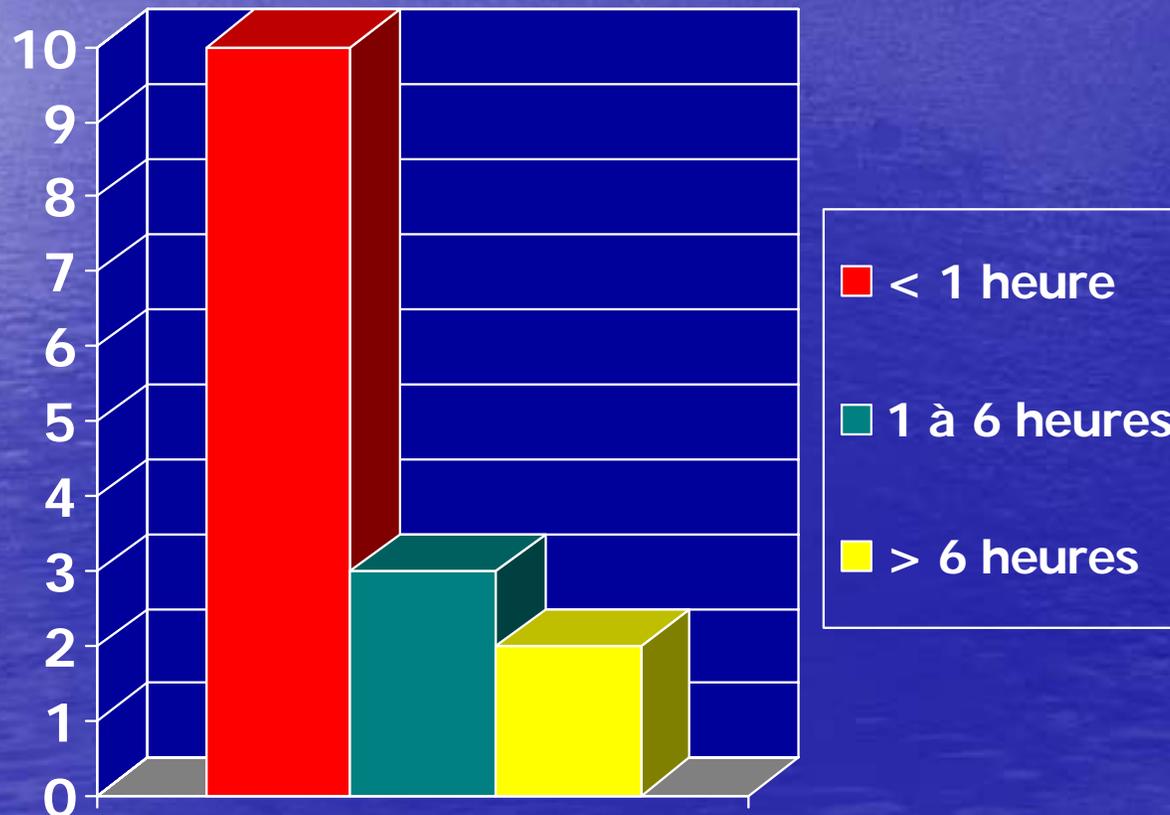
Décompression

[15]

- 3 oedème aigu du poumon
- 1 ACR en fin de palier

- 5 malaise général
- 2 bend
- 4 cochléo-vestibulaire
- 2 neurologique médullaire
- 2 neurologique cérébral

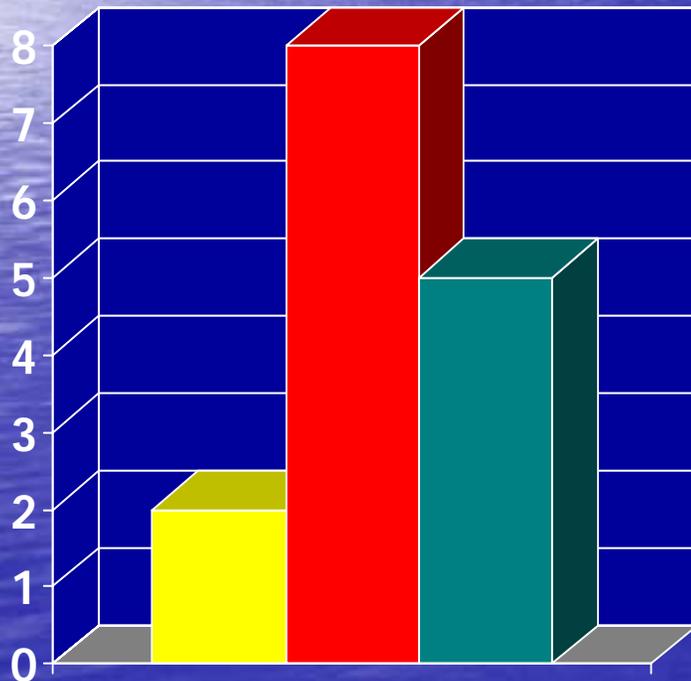
# 15 ADD : délai de survenue des 1<sup>er</sup> signes



# 15 ADD : plongée en cause

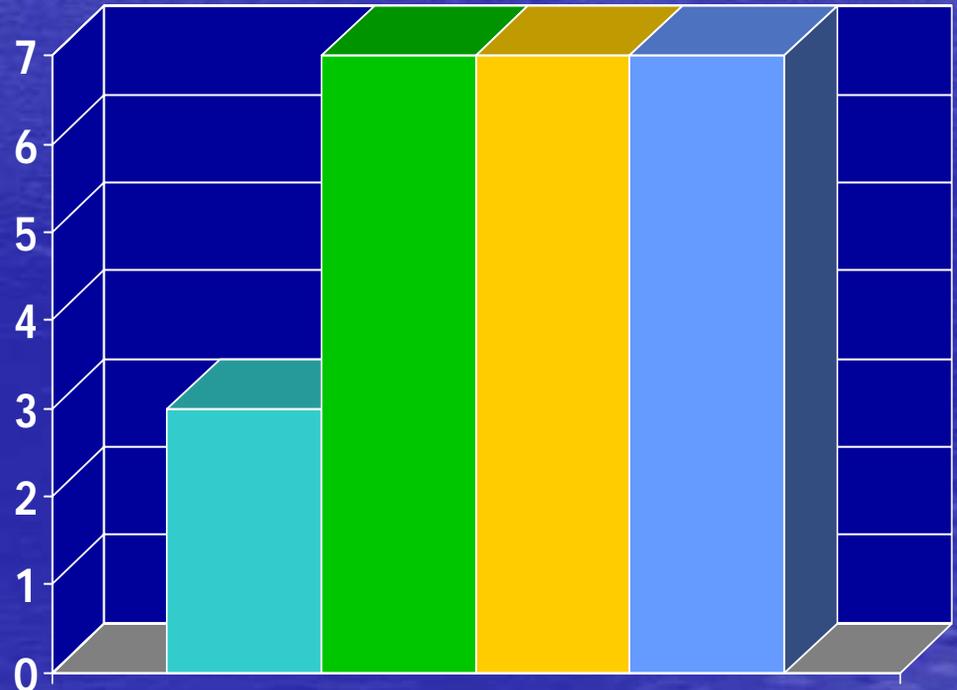
## La profondeur

■ < 20 m ■ 20 à 40 m ■ > 40 m



## Les procédures

■ successive ■ yoyo ■ erreur profil ■ exercice



# Prise en charge des ADP

- Pré-hospitalière



- Caisson du CHU de Brest et OHB



# Donner l'alerte...

## ...à la moindre suspicion

- *Toute manifestation anormale survenant au cours ou au décours\* d'une plongée est, jusqu'à preuve du contraire, le signe inaugural d'un **accident de plongée***

\* 95% des accidents apparaissent dans l'heure qui suit la sortie de l'eau et 98% dans les 6 h

- **En mer** : appel radio au CROSS (canal 16 de la VHF)
- **A terre** : Tel 18 ou centre 15

# Prise en charge médicalisée

1. **Urgence vitale** éventuelle : conscience, ventilation, hémodynamique
2. Investigation **diagnostique** : *"que s'est-il passé ?"* + examen clinique rapide, complet (éviter toute interprétation physiopathologique aléatoire)
3. **Thérapeutiques** spécifiques des accidents de plongée avec aéroembolisme
4. **Evacuation** : mise en condition, bilan SAMU fiche (caractéristiques plongée, 1<sup>er</sup> signes et soins)

# 3 volets du traitement spécifique

- **Oxygénothérapie précoce** :  $FiO_2 = 1$  jusqu'à la recompression thérapeutique
- **Réhydratation** :
  - par la bouche (1 litre eau plate  $\pm$  sel) puis
  - remplissage vasculaire intraveineux (1 litre/24 h dont 500 ml sur 2 h)
- **Aspirine** 250 à 500 mg sauf allergie

# Autres recommandations

(conférence de consensus de l'ECHM - Marseille 1996)

- Corticoïdes et vasodilatateurs : optionnels
- Jamais de recompression thérapeutique par réimmersion (risque de noyade !!!)
- Transfert d'emblée du lieu de l'accident vers le centre hyperbare le plus proche
- Tout signe neurologique, central ou périphérique, doit être recomprimé (délai le plus court possible)
- Lutte contre l'hyperthermie
- Choix des protocoles d'OHB

# Recompression thérapeutique des accidents de plongée

- **Tables profondes** (brève compression initiale à l'air jusqu'à 40 m puis O<sub>2</sub> à 20 m)
- **Tables GERS** à 30 m aux mélanges suroxygénés et décompression très progressive  $\Rightarrow$  longues (6H20 à > 48H)
- **Tables US Navy** à 18 m et O<sub>2</sub> pur (2H30 à 6H30)
- **Tables d'OHB itératives** à 15 m (1H)

# Une séance "standard" d'OHB



11h10 dimanche 22 janvier 2005

~ 3000 "séances patient" par an dont < 5% en relation avec la plongée

# OHB et aéroembolisme en plongée

Comment ça « marche » ???



# 2 principes simples de l'OHB :

- Effet pression (loi de Boyle-Mariotte) : 2,8 à 6 ATA  
    ↘ taille des bulles pathogènes
- Principal effet (lois de Dalton et Henry) : 40-100% O<sub>2</sub>  
    ↗ pression partielle d'O<sub>2</sub> dans les tissus

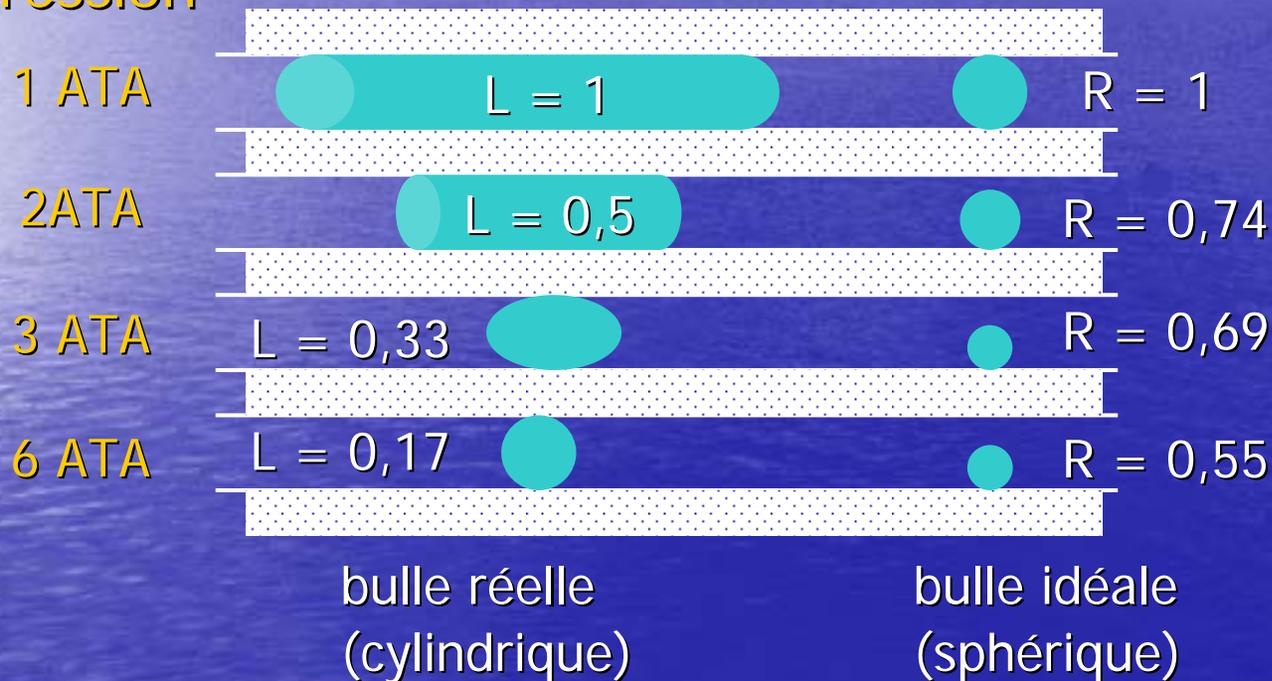


Dénitrogénéation accélérée  
Lutte contre l'hypoxie et l'oedème

# Effets de l'OHB : taille des bulles ↘

## 1. Effet mécanique

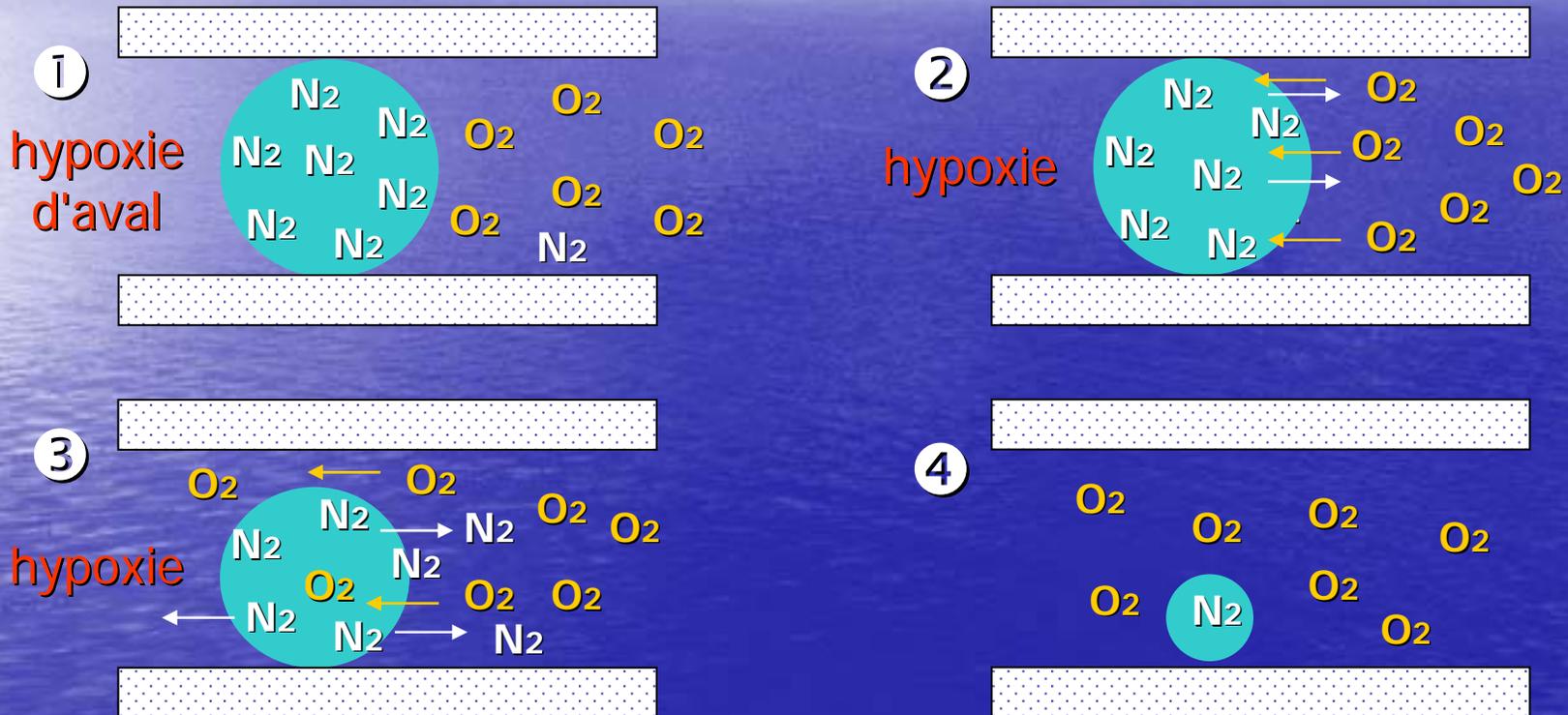
Pression



↘ Entre 1 et 6 ATA, le volume des bulles diminue de 83% mais leur diamètre seulement de 45%

# Effets de l'OHB : taille des bulles ↘

## 2. Oxygénation ⇒ dénitrogénéation



↘ Élimination de l'azote (poumon) et correction de l'hypoxie

# Fin

