

Relire une présentation vous fait perdre les échanges, les questions, les réponses, les explications
Si la simple lecture était optimum, il ne serait plus nécessaire de faire des cours, d'avoir des enseignants !!!...

Dyspnée aigue en Plongée ou en natation

Tous concernés

Pensez à l'OPI :

Œdème pulmonaire d'immersion

L'objectif est de vous informer sur cet accident peu connu,
sur ses symptômes et possibles conséquences,
et bien entendu des préventions

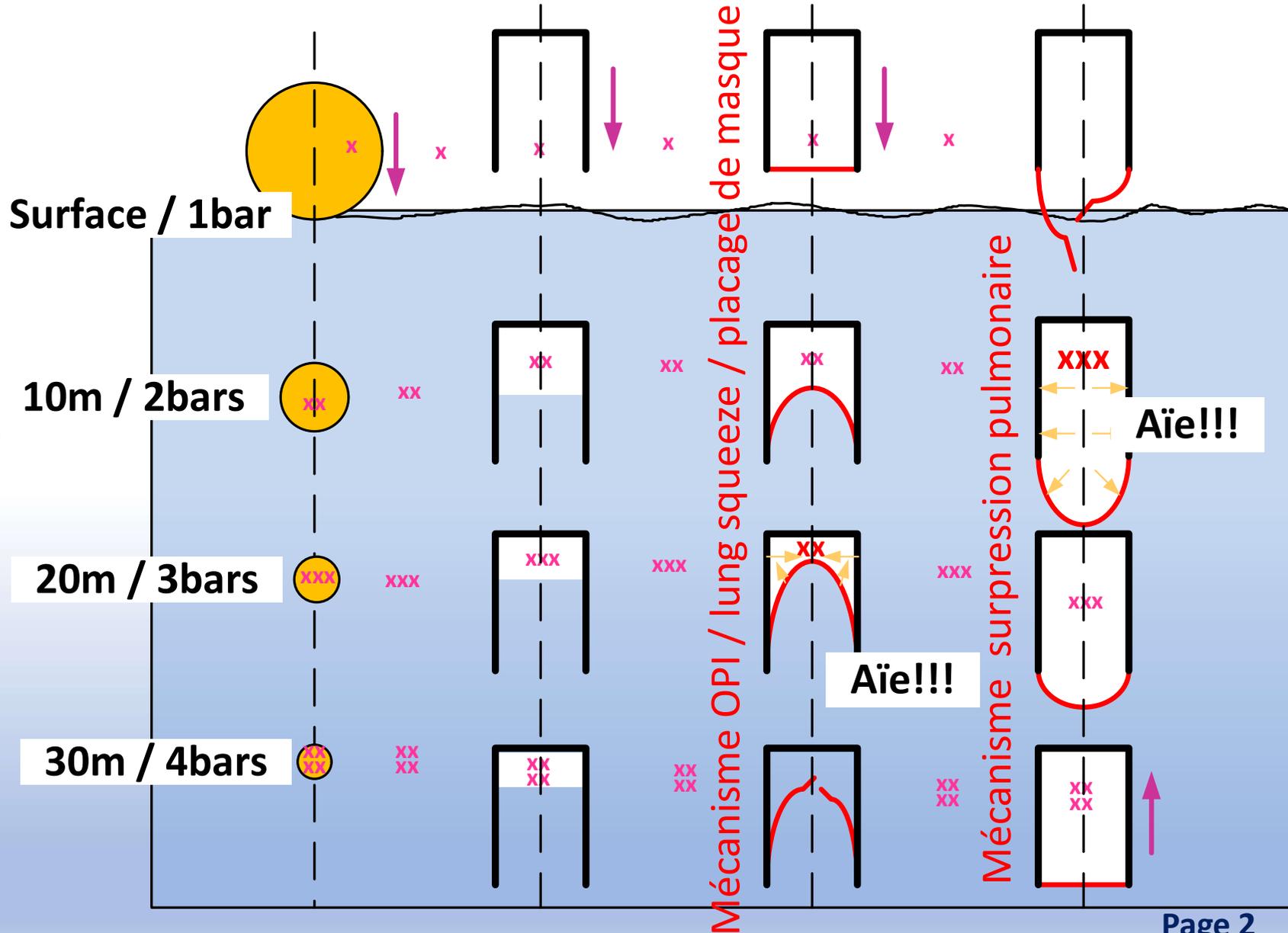
La dyspnée est une sensation désagréable de manque d'air ou de difficulté à respirer.

Rappels, en 5 minutes ...



Robert Boyle

Loi de Mariotte

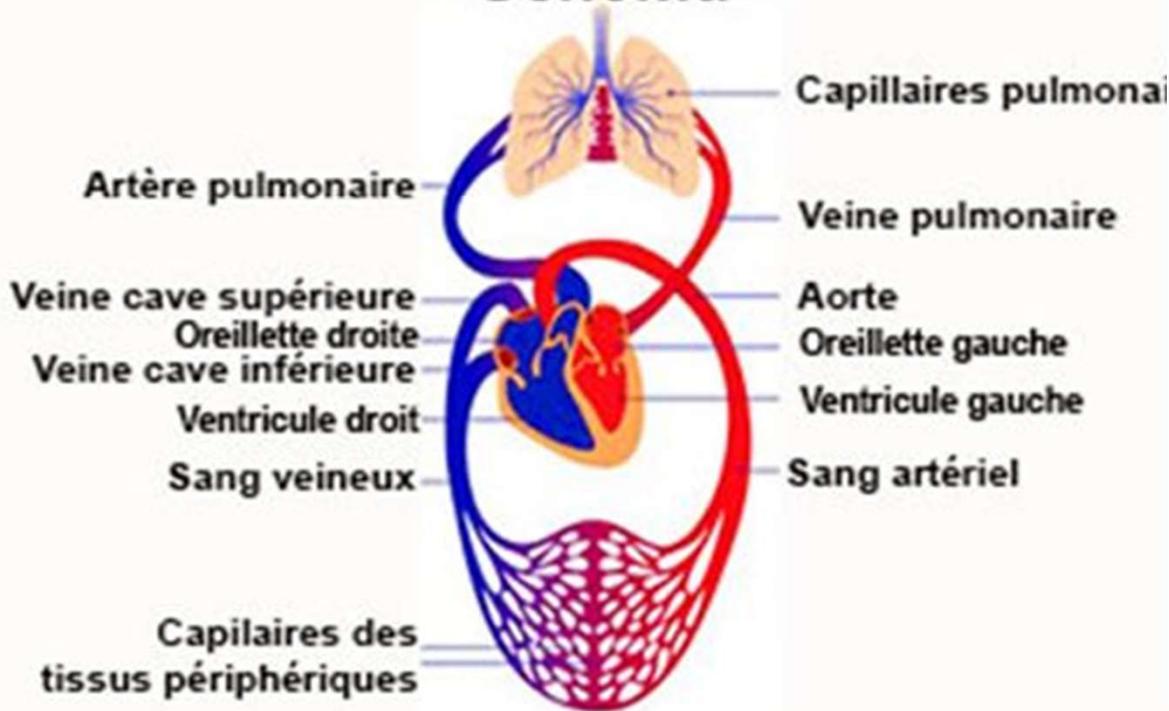


Rappels, en 5 minutes ...

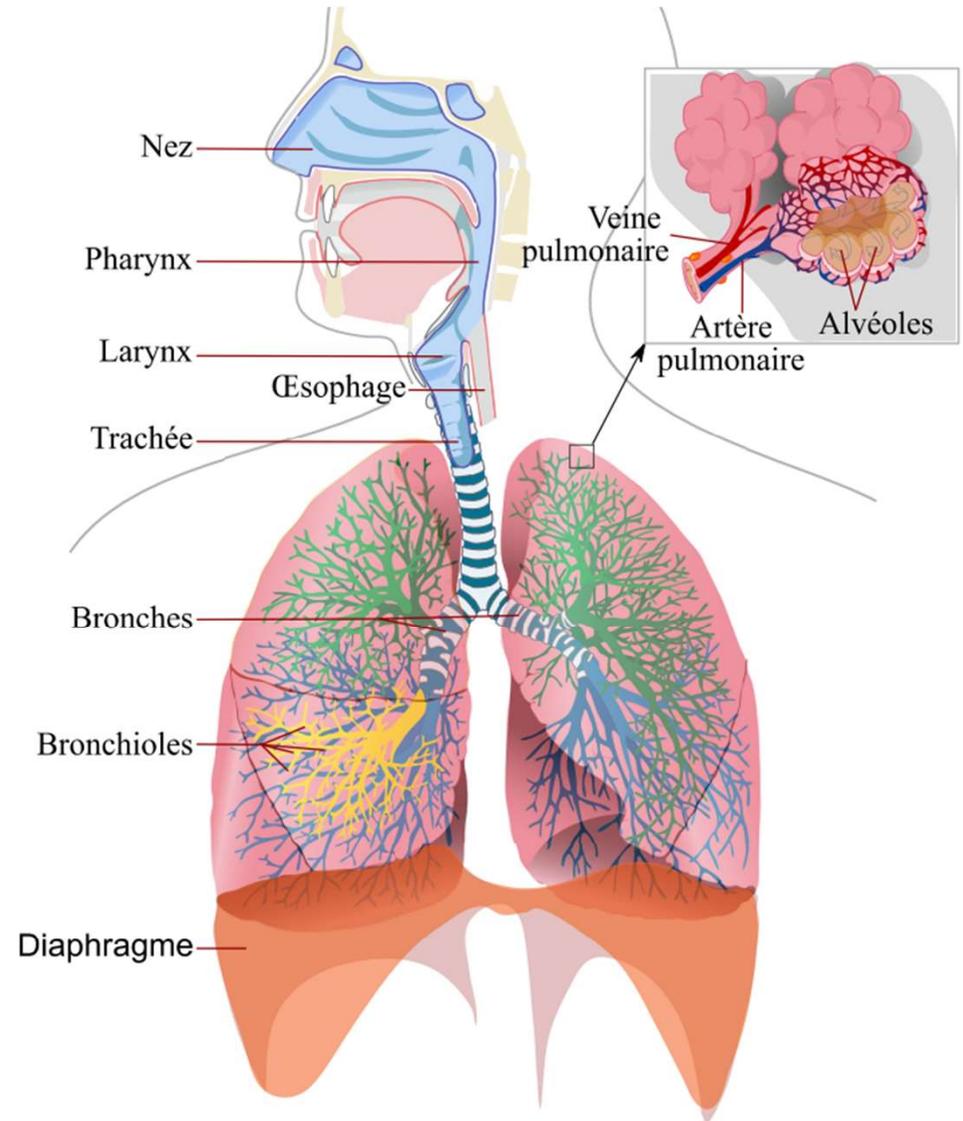
Appareil circulatoire

Circulation du sang

Schéma



Appareil ventilatoire





L'OPI, c'est quoi ?

Je suis essoufflé,
je n'arrive pas à respirer,
Je manque d'air



Sources images : Dr Nicolas Lainé

Je tousse beaucoup,
Je crache avec présence de sang

Janvier 2024



Sommaire

✓ Exemples

- ❑ Nageurs, triathlètes, plongeurs, apnéistes,
- ❑ Mais aussi ...

✓ Historique

✓ Analyses statistiques

✓ Anatomie

✓ Causes et Mécanismes

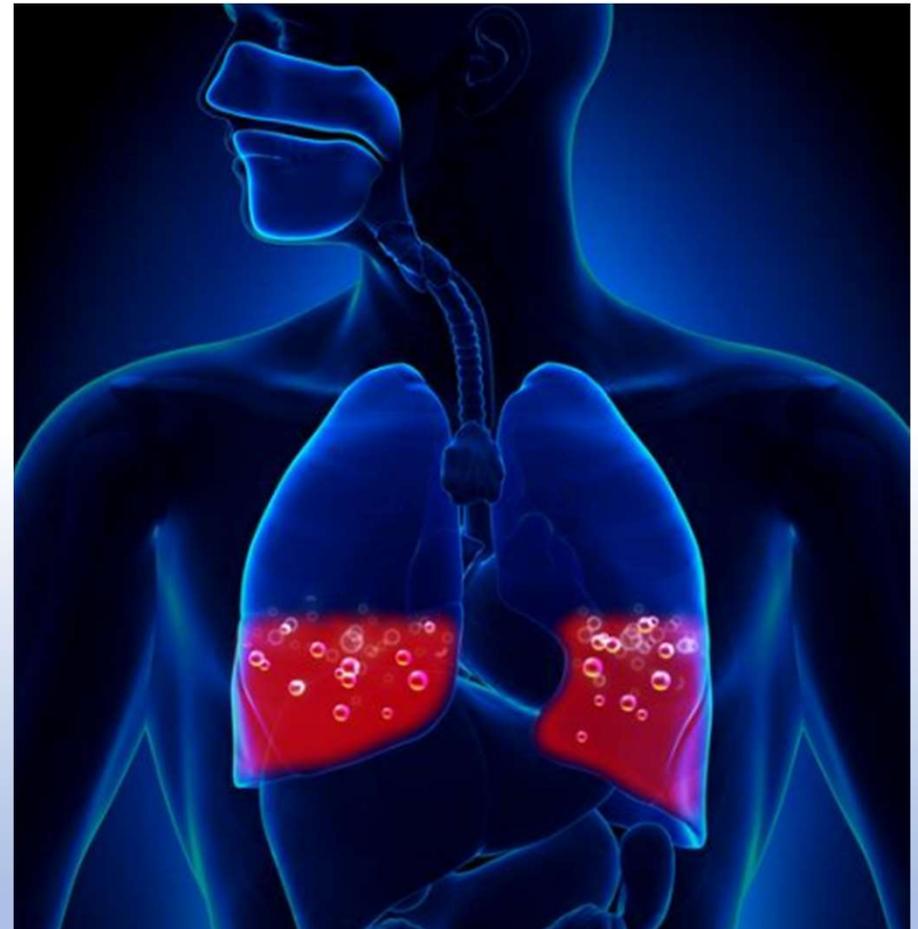
✓ Symptômes

✓ Facteurs de risques

✓ Recommandations

✓ Conduite à tenir

✓ Prévention



Exemples, jeunes et sportifs

Tous concernés

✓ Elève plongeur de bord, 23ans

☐ 1^{er} jour de stage, stress +++

- Natation 1000m PMT + combinaison, en moins de 30'
- Au bout de 200m:
 - **dyspnée, sensation d'oppression thoracique et grésillement laryngé**
- En surface persistance de la dyspnée

✓ Elève plongeur de bord, 26ans

☐ 1^{ère} plongée, stress +++

- 15' à 6m, poumons ballast, vidage de masque, lâcher d'embout
- 3 apnées 30'', 45'', 1'
- Grandes difficultés à tenir les apnées, **dyspnée à la reprise d'embout**
- **En surface crachats rosés**
- Repart pour 15' à 15m : plongée explo sans effort
- Au retour surface, **dyspnée croissante et hémoptysie notoire**

Exemple, moniteur de plongée

Tous concernés

- ✓ **Moniteur de plongée, 57ans > 3000 plongées**
- ✓ **Plongée 34m, petite toux après 20min et surconsommation**
 - ❑ HTA stabilisée, entraînement hebdomadaire
 - ❑ Condition environnement « facile », réadaptation février 14°C
 - ❑ Symptômes
 - **Petite toux en immersion**, puis en augmentation
 - Sensation de présence de liquide dans les poumons,
 - Assure seul sa remontée, mais assistance surface pour revenir au bateau
 - Hypoxie sévère mais pas d'hémoptysie
 - **Mise sous oxygène**
 - 3 jours en observation sous oxygène

Hémoptysie : crachats avec présence de sang

HTA : hypertension artérielle



Exemple, plongeuse confirmée et sportive

- ✓ Plongeuse confirmée, 25ans, 4h de sport hebdomadaire
- ✓ Plongée 33m, durée totale 44min, dont DTR 10min
 - ❑ Au palier signal que cela ne va pas,
 - ❑ Arrivée en surface elle enlève immédiatement masque et détendeur
 - Elle a une toux récurrente et ventilation difficile
 - Elle remonte seule à l'échelle, **puis mise sous oxygène**
 - **Après 15 à 20' ça va mieux!** , mais évacuation par hélico
 - Elle passe une nuit en observation sous oxygène
 - À la sortie ça va bien mieux, mais se déplace encore difficilement



shutterstock.com - 2333097307

Tous concernés

Exemple, plongée scaphandre

Tous concernés

✓ Plongeur 63ans, **HTA sous IEC, diabète type 2**

✓ Plongée 46m, 23min

- ❑ Au palier à 3m, détresse respiratoire +++, arrêt du palier
- ❑ En surface stab gonflée, retrait de l'embout, **position verticale**
 - Grande détresse respiratoire, arrêt cardiaque
 - Suite non connue !

Les (IEC) inhibiteurs de l'enzyme de conversion dans le traitement de l'hypertension artérielle (HTA) . Les inhibiteurs de l'enzyme de conversion (IEC) sont des antihypertenseurs qui bloquent la production d'une hormone produite par le rein à partir d'une protéine présente dans le sang



Exemple, OPI « flash »

✓ Plongeur «confirmé ???»

✓ Plongée sur une épave de méditerranée

Personne en obésité notoire, 12kg de plomb

▪ Donc probablement HTA et diabète, entraînement ?

Grosse difficulté à l'immersion

▪ Stress à l'immersion, effort important pendant la descente

A peine arrivé au fond, appel de détresse, remontée en assistance

En surface arrêt cardio-respiratoire

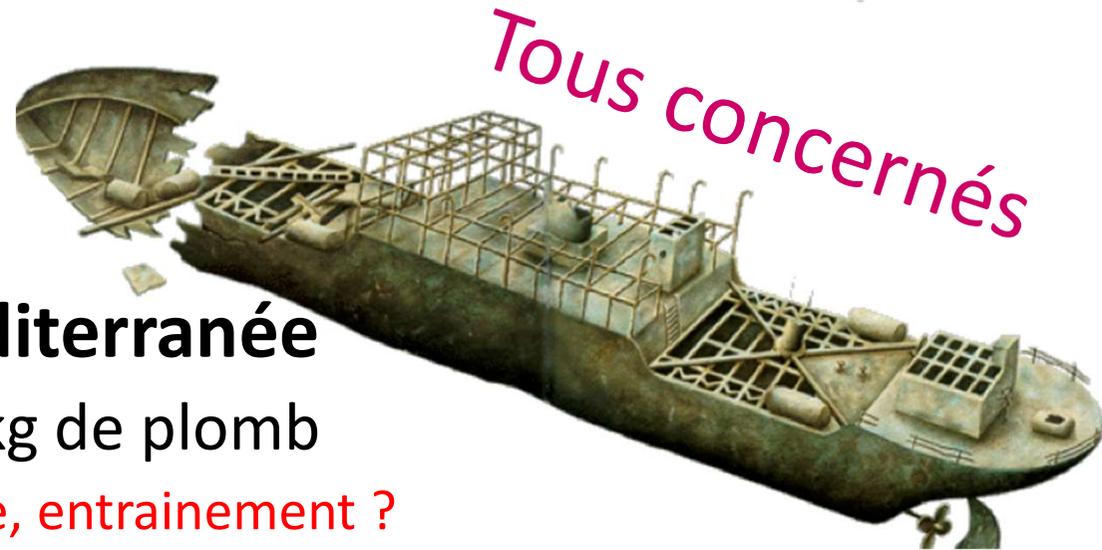
▪ Massage cardiaque et assistance sous Oxygène, décès du plongeur

Évacuation des autres plongeurs vers un caisson hyperbare

✓ Question sur la délivrance des certificats médicaux

Test spirométrie, relevé cardiaque, test IRD, IMC?

Mise en danger des autres plongeurs et stress post traumatique



Exemple, exercice sans scaphandre

Tous concernés

- ✓ **Plongeur confirmé, 45ans, sportif**
- ✓ **Examen épreuve du mannequin en milieu naturel**
- ✓ **Pendant l'épreuve il constate des difficultés inhabituelles**
 - Capacité physique réduite, difficulté à ventiler
 - À la fin de l'épreuve, toux répétitive et hémoptysie légère
 - **Personne ne remarque quoique ce soit**
 - **Lui, il trouve cela bénin et il accuse son matériel**
 - **Aucune prise en charge, aucune mise sous oxygène**
 - Par chance aucune dégradation ni récidence
 - Les jours précédents il avait fait des travaux de maçonnerie et découpé des éléments en béton sans protection spécifique
 - Est-ce que ce n'était pas un lung squeeze ?



Exemple en apnée

Tous concernés

✓ Apnéiste confirmé masculin 48 ans sportif

- Premier jour de stage dans un centre spécialisé
- Descente poids constant sans palme car blessure à la cheville
- 3^{ème} descente 35m,
 - quelques minutes après la sortie râle crépitant léger
- Il s'arrête là, car il connaît les symptômes, OPI récidivante

✓ Apnéiste confirmé 45 ans, très sportif

- OPI sur 30m en pêche, il s'arrête, car il connaît les symptômes
- Après plusieurs semaines d'arrêt d'activité, il reprend le vélo
 - Sensation de manque de puissance, d'oppression, **retour de l'OPI suite à l'effort**

Exemples en apnée

Tous concernés

✓ Apnéiste niveau ACEL, + 65 ans

- OPI, suite à un virage trop tonique à 30m
- En faisant une sortie vélo 3 mois après, toux et crachat rosé le soir
- 6 mois après, descente en libre sur le bout à 20m, quelques minutes après la sortie râle crépitant léger
- Il s'arrête là car il connaît les symptômes, récurrence d'OPI

✓ Apnéiste confirmé, + 65 ans

- Stage apnée 30 – 40m, conditions météo difficiles
- 3^{ème} jour, point de côté dans la cage thoracique,
 - Pas de toux, ni hémoptysie, mais réduction des capacités physiques,
 - descente à 10-15m avec difficulté et sans plaisir
- OPI à confirmer ...



Mais également ...

Tous concernés !!!

Les hémorragies pulmonaires chez le cheval de course

Oct 25, 2021 | Physiologie



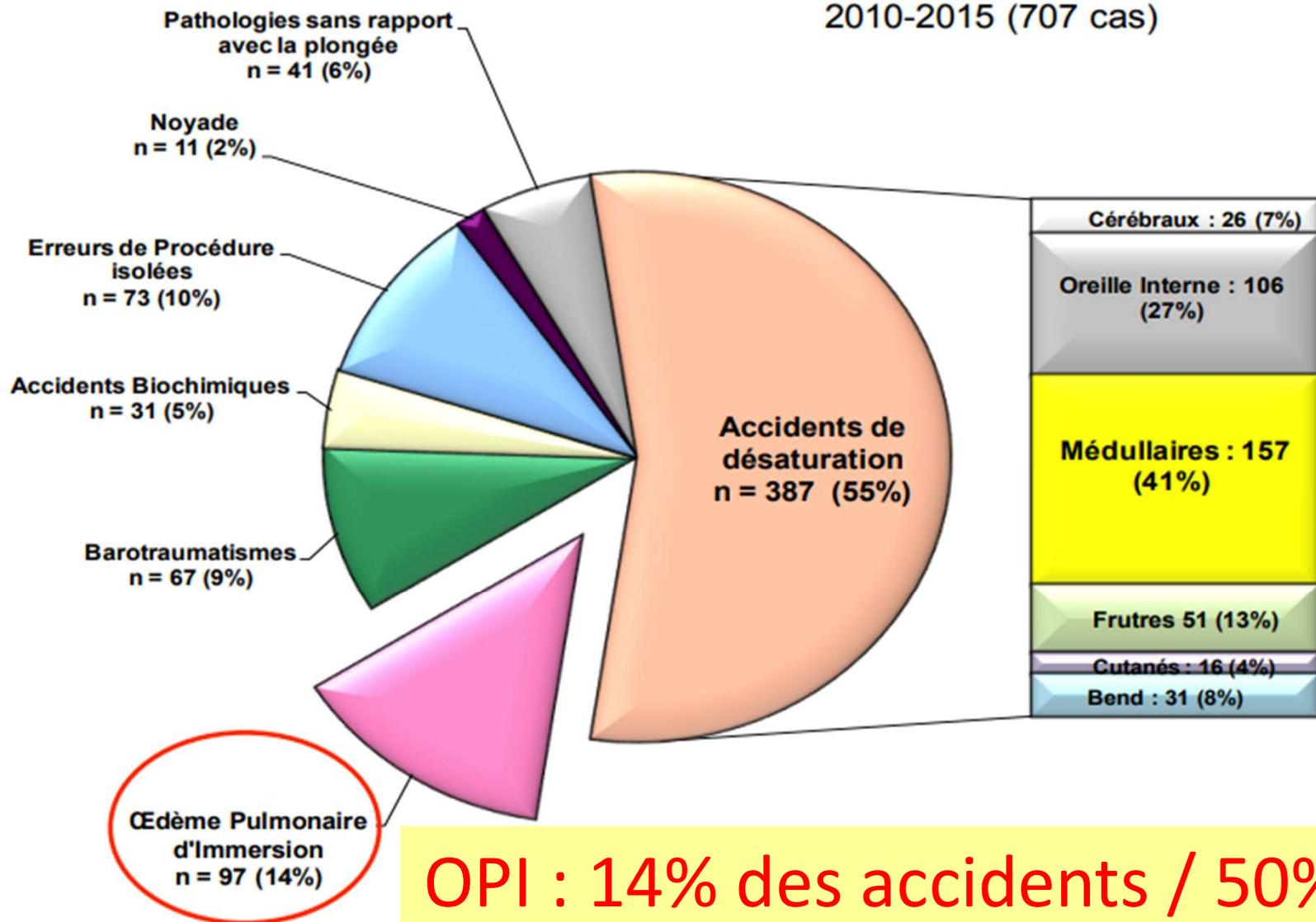
Historique

- ✓ **L'Œdème Pulmonaire d'Immersion décrit pour la 1^ofois en 1981**
- ✓ **Premier cas mortel identifié à Brest en 2005**
 - ❑ d'abord considéré comme exceptionnel dans les années 1990 voit des publications de séries de plus de 60 cas
 - ❑ En 2008, publication américaine sur des hémoptysies en apnée suite à des contractions diaphragmatiques
 - ❑ Identification ...
 - Reconnaissance d'un phénomène antérieurement ignoré
 - Modification de la population des plongeurs, âge, condition physique
- ✓ **Il est depuis rapporté dans toutes les circonstances aquatiques (nage, triathlon, apnée, eau chaude)**
 - ❑ **Mais également en haute altitude (OPHA)**

Statistiques accidents de plongée

OPI = réalité clinique

Répartition des accidents de plongées
HIA Sainte-Anne Toulon
2010-2015 (707 cas)



OPI : 14% des accidents / 50% des décès



Accident lié à l'immersion

potentiellement grave... voire mortel !

OPI = un réel danger

50 % des morts en plongée

(> 50 ans, comorbidités, HTA, Diabète)

- ✓ décompensation cardiaque
- ✓ cardiomyopathie de stress
- ✓ noyade par perte de connaissance

La décompensation cardiaque est une complication grave de l'insuffisance cardiaque

Cardiomyopathie est une maladie qui touche le muscle cardiaque et réduit la capacité du cœur à pomper le sang

Anatomie

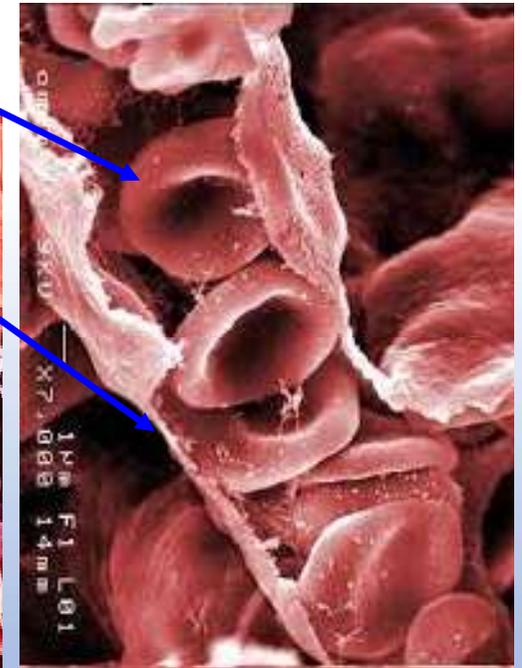
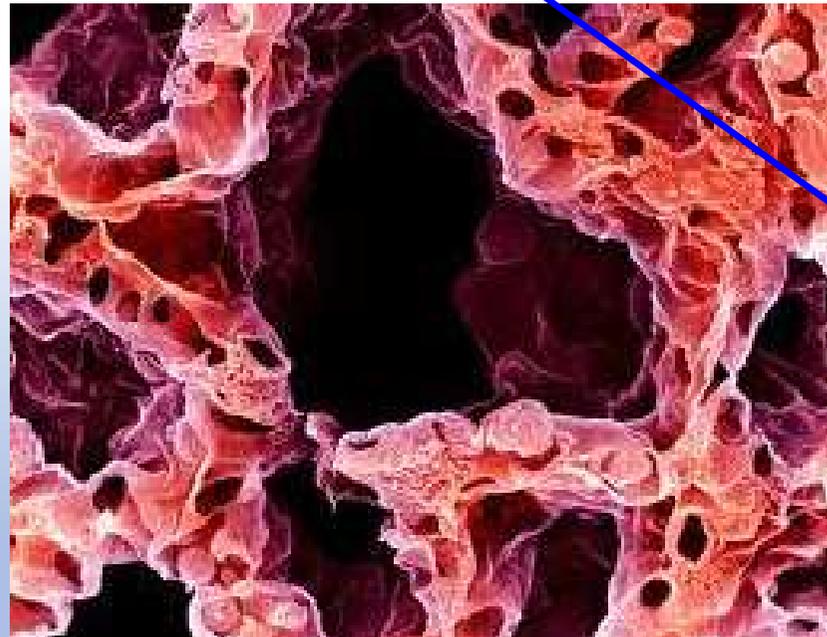
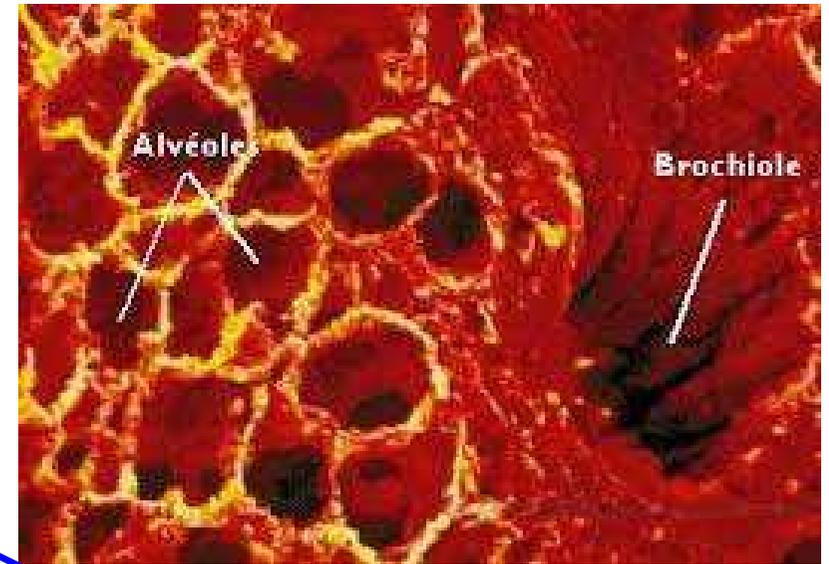
Nos poumons vus au microscope



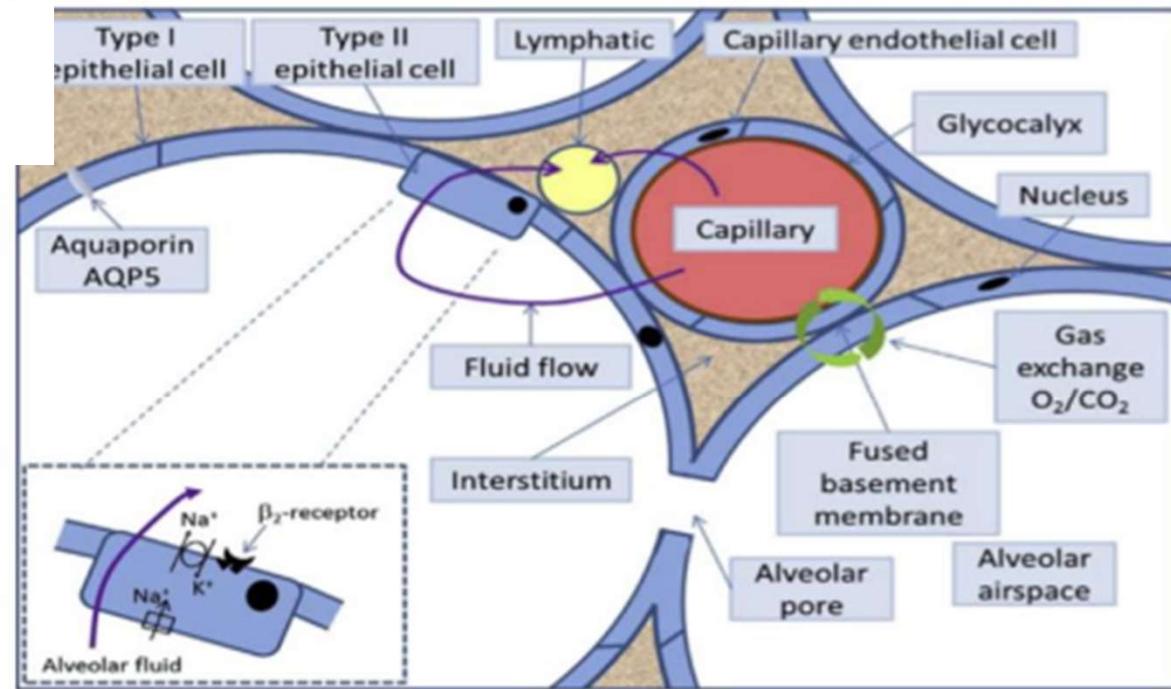
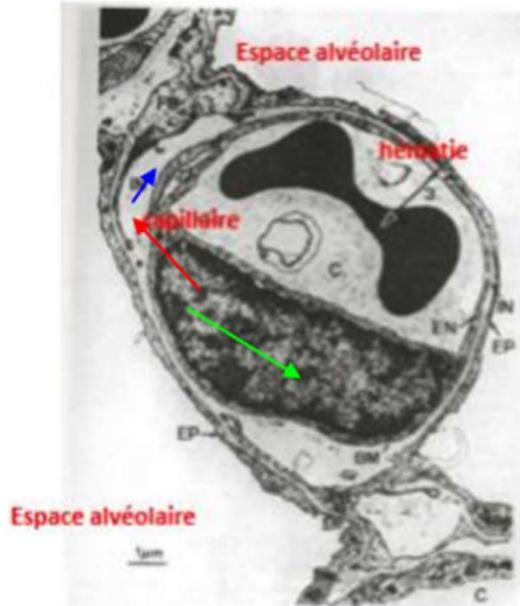
Arbre bronchique
Janvier 2024

Globules rouges

Parois alvéolaires



Mécanismes



D'après MacIver, 2015

- Suivant les différents écarts de pression entre les milieux alvéolaire/capillaire, il y a :
- ✓ Passage de plasma du sang vers le réseau lymphatique – fonctionnement « normal »
 - ✓ Puis en fonction du ΔP , le réseau lymphatique va se saturer et le drainage naturel être dépassé
 - ✓ Enfin risque d'œdème pulmonaire, invasion de plasma dans l'alvéole et potentiellement de cellules sanguines
 - ✓ Ce liquide superflu va être expectoré, drainage via les voies aériennes supérieures

Accidentologies proches

✓ La surpression pulmonaire

- Origine ; surpression d'air dans les poumons
- Conséquences ; rupture des parois alvéolaires, présence de sang dans les poumons, crachats avec présence de sang
- Troubles neurologiques suite **embolie gazeuse cérébrale** : vision, parole, paralysies ... pneumothorax, emphysème

✓ L'OPI, œdème pulmonaire d'immersion

- Origine ; dépression d'air dans les alvéoles
- Conséquences ; rupture des parois alvéolaires, présence de sang dans les poumons, **crachats mousseux avec présence de sang**

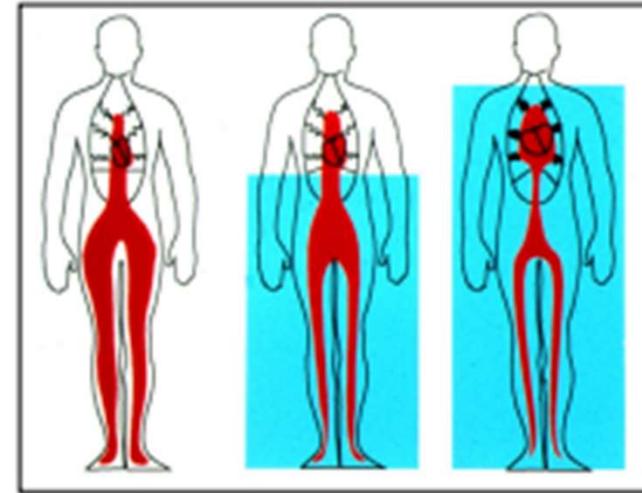
✓ Le lung squeeze (le lung squeeze peut être le mécanisme et l'accident qui en découle)

- Origine ; dépression d'air dans les poumons
- Conséquences ; hémoptysie des parois de la trachée, toux non récurrente, **douleurs dans la trachée**

Mécanisme en immersion

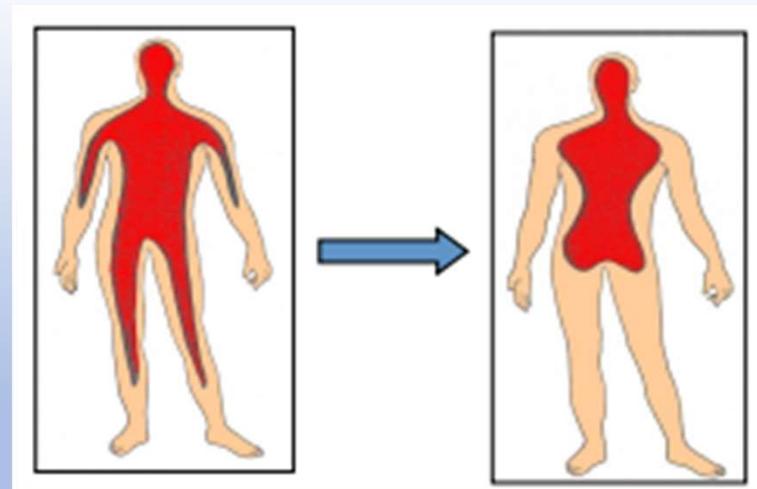
✓ Augmentation de la pression dans les capillaires pulmonaires

- ❑ Le blood shift, réflexe d'immersion

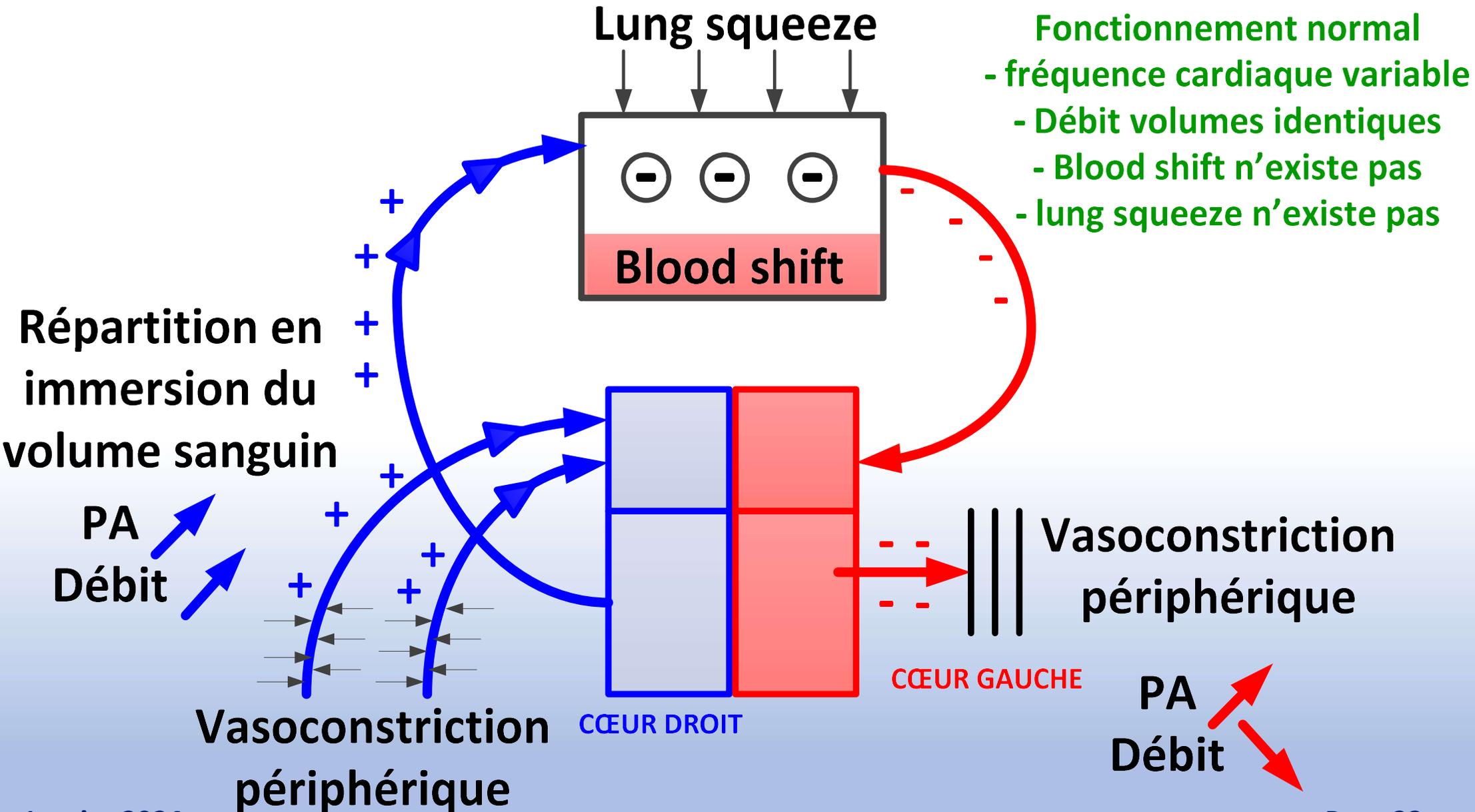


- ❑ Vasoconstriction périphérique due au froid, au stress, et à la contention de la combinaison

- ❑ Effort physique
- ❑ Lung squeeze (en apnée)



Résumé des mécanismes cardiaque



- Fonctionnement normal**
- fréquence cardiaque variable
 - Débit volumes identiques
 - Blood shift n'existe pas
 - lung squeeze n'existe pas

Résumé des mécanismes alvéolaire

Conséquences physiologiques

DEPRESSION INTRA ALVEOLAIRE

- Effort inspiratoire
- Pression hydrostatique
- Lung squeeze

Facteurs initiaux

ARTERES PULMONAIRES



- Augmentation de l'apport sanguin
- Augmentation de la pression
 - Augmentation du débit
 - Blood shift
 - Vasoconstriction due au froid
 - Hyperhydratation

VEINES PULMONAIRES

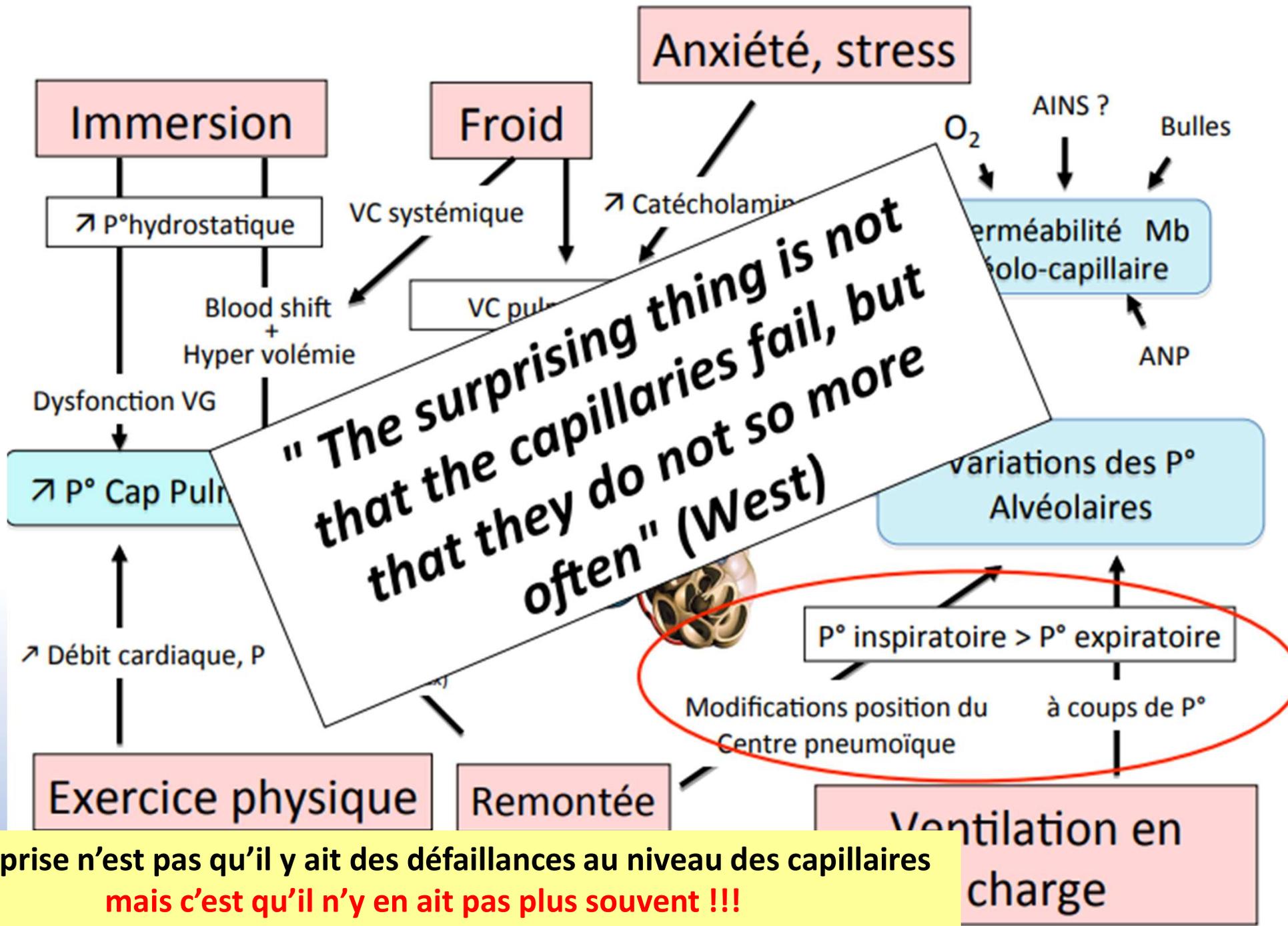


- Frein au retour cardiaque vers la grande circulation
- Diminution du débit
 - Augmentation de la pression
 - Vasoconstriction périphérique
 - Froid, stress, effort intense
 - Maladie cardio-vasculaire
 - Insuffisance cardiaque

Vasoconstriction préférentielle

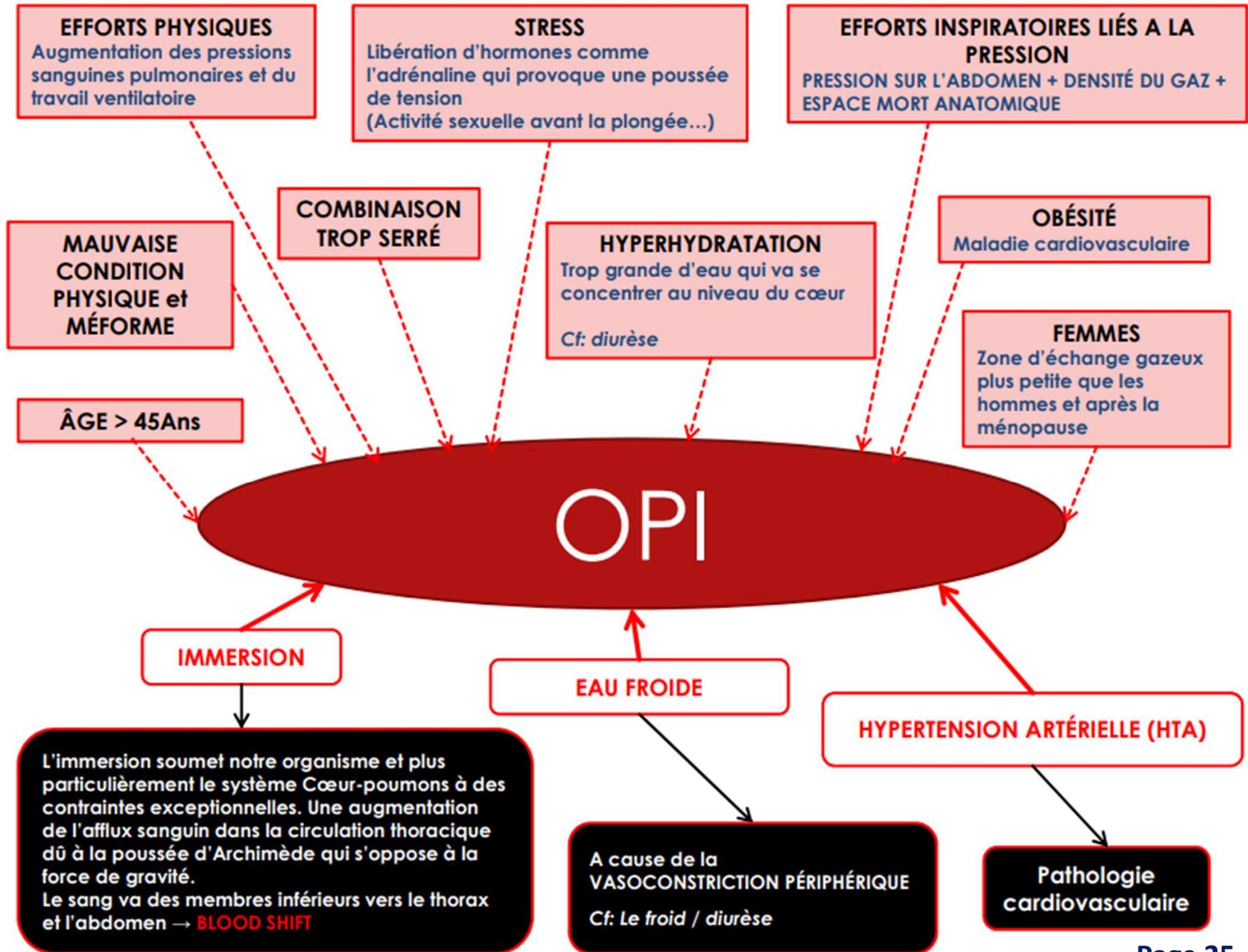
- Effort intense
- Froid
- Stress

Facteurs initiaux



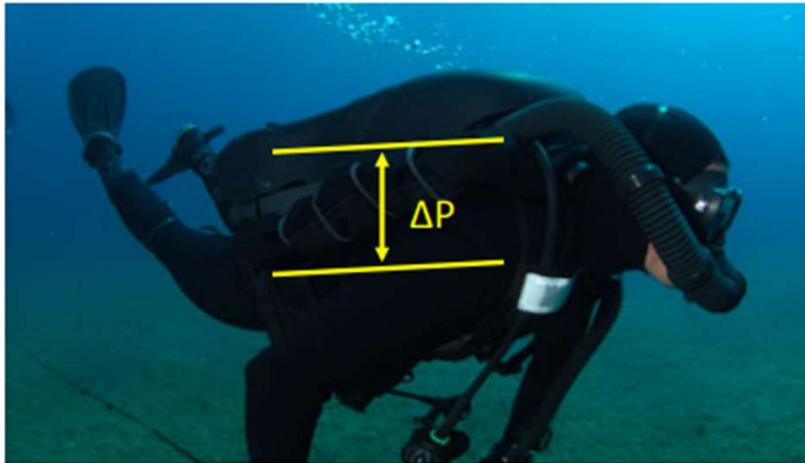
La surprise n'est pas qu'il y ait des défaillances au niveau des capillaires
 mais c'est qu'il n'y en ait pas plus souvent !!!

Résumé des causes

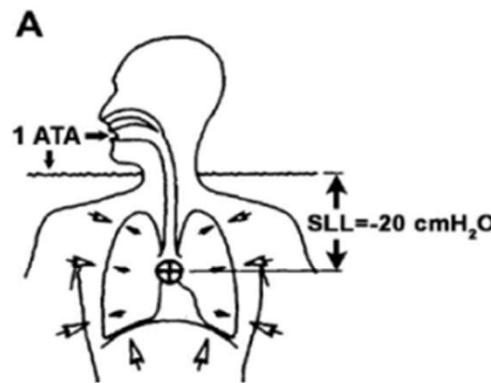
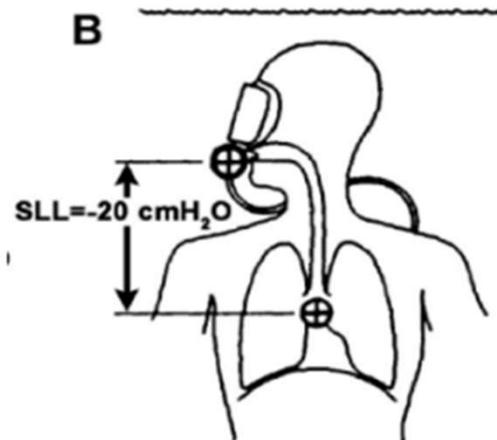


Causes et mécanismes

Cas particulier de la ventilation à P° Négative



$P^{\circ} \text{ insp} > P^{\circ} \text{ exp}$

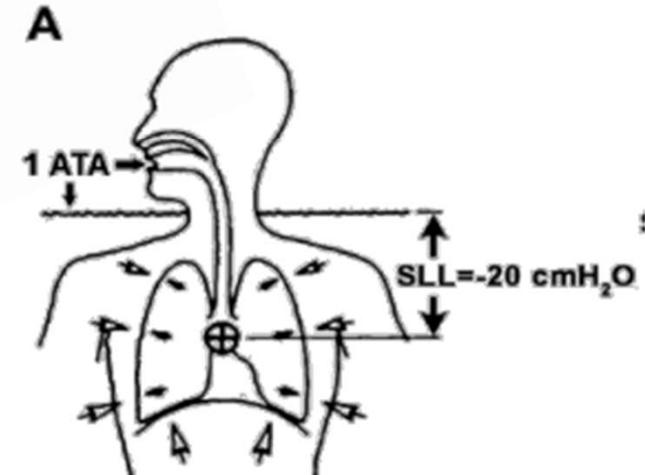
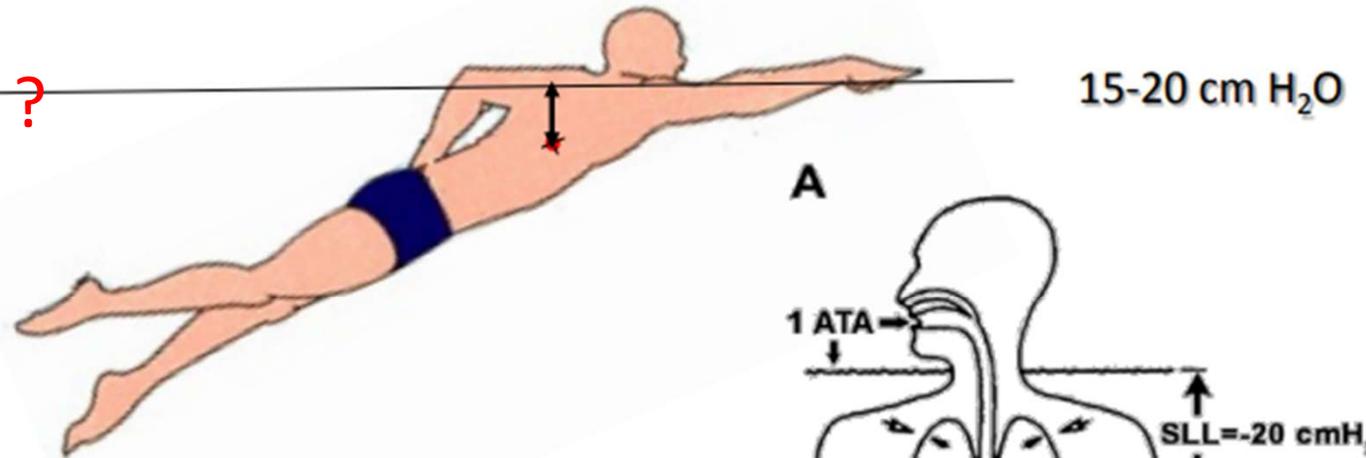
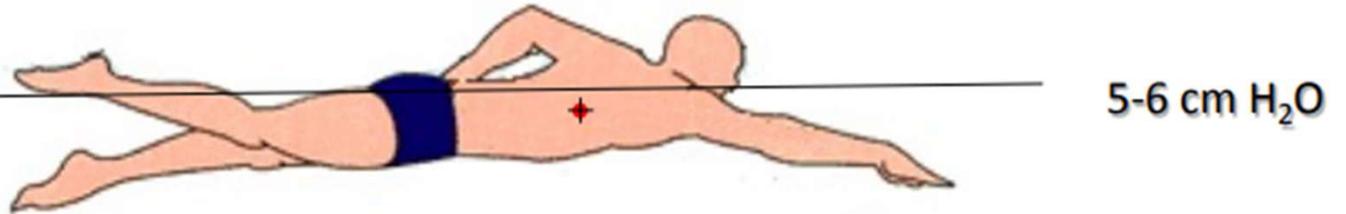


En surface, le problème se majore !

Autres causes et mécanismes

Que penser vis-à-vis ...

- ✓ Apnéistes ?
- ✓ Water polo ?
- ✓ Danse synchronisée ?
- ✓ Hockey subaquatique ?
- ✓ Chevaux de courses ?



Notion de débit instantané d'un réseau de gaz

- Effort inspiratoire /
- Débit instantané des voies aériennes supérieures

Swimming-Induced Pulmonary Edema*
Clinical Presentation and Serial L

*Yochai Adir, MD; Avi Shupak, MD; Amnon Gil, MD,
Yoav Keynan, MD; Liran Domachevsky, MD; and
Daniel Weiler-Ravell, MD, FCCP*

Swimming-Induced Pulmonary Edema
Pathophysiology and Risk Reduction With Sildenafil

Richard E. Moon, MD; Stefanie D. Martina, BS; Dionne F. Peacher, MD;
Jennifer F. Potter, MD; Tracy E. Wester, MD; Anne D. Cherry, MD; Michael J. Natoli, M Eng;
Claire E. Otteni, DO; Dawn N. Kernagis, PhD; William D. White, MPH; John J. Freiburger, MD

**Pulmonary oedema in healthy persons during scuba-diving
and swimming**

M. Pons, D. Blickenstorfer, E. Oechslin, G. Hold, P. Greminger,
U.K. Franzeck, E.W. Russi

**Immersion Pulmonary oedema in
Beauce - Chartres 2024**

**Pulmonary oedema induced by strenuous swimming:
a field study**

A. Shupak ^{a,*}, D. Weiler-Ravell ^b, Y. Adir ^a, Y.I. Daskalovic ^a, Y. Ramon ^a,
D. Kerem ^a

SCUBA DIVING-INDUCED PULMONARY EDEMA IN A SWIMMING POOL

Christopher A. Gnadinger, MD, Christopher B. Colwell, MD, and Andrew L. Knaut, MD

Department of Emergency Medicine, Denver Health Medical Center, Denver, Colorado, USA
Reprint Address: Christopher B. Colwell, MD, Department of Emergency Medicine, Denver Health Medical Center, 777 Bannock St.,
Denver, CO 80204

**Immersion Pulmonary Edema in Special Forces
Combat Swimmers**

Richard T. Mahon, Stewart Kerr, Dennis Amundson and J. Scott Parrish

Swimming-induced pulmonary edema in triathletes ☆,☆☆

Charles C. Miller III PhD^{a,b,*}, Katherine Calder-Becker^c, Francois Modave PhD^d

Symptômes généralités

- ✓ Les symptômes peuvent être bénins voire inexistants ou insoupçonnés
- ✓ Par contre, si l'on n'y prête pas attention, la situation peut, et va dégénérer
- ✓ Les symptômes sont difficilement identifiables car les poumons ne sont pas innervés, la présence anormale de liquide dans les alvéoles est quasiment imperceptible
- ✓ Nous ne percevons que les conséquences de cette présence de liquide ;
 - ❑ Bruit anormal dans les bronches par qui va être généré dans notre cage thoracique; « râle crépitant – bulles pétillantes »
 - ❑ Sensation d'être asthmatique par la perte de notre capacité à ventiler
 - ❑ Perte de notre capacité physique suite à l'hypoxie

Symptômes immersion en scaphandre

- ✓ Une simple gêne ventilatoire, **toux légère**
- ✓ Une sensation anormale d'oppression – **combinaison qui devient inconfortable, trop serrée**
- ✓ Un essoufflement léger, mais non conséquent à un effort
- ✓ Sensation d'une angoisse présente mais indéfinissable, la « bête » a peur, mais la conscience n'a pas encore compris !
- ✓ Je me demande ce que je fais là !!!
- ✓ J'ai du mal à respirer, manque d'air, **mon détendeur devient dur**

Je demande à remonter avec une assistance
Complication avec la désaturation, risque ADD

Symptômes immersion en apnée

- ✓ Suite à une descente, aisance habituelle qui nous permet de continuer mais l'élasticité pulmonaire n'est plus au rendez-vous
- ✓ Difficulté à reprendre son souffle, j'ai du mal me préparer
- ✓ **Quelques minutes après le retour surface**
 - Une simple gêne ventilatoire non courante
 - Un râle crépitant, présence de liquide dans les poumons, bulles pétillantes

Complication avec la dépression intra pulmonaire

Je dois m'arrêter, sortir de l'eau, prévenir...

Symptômes en surface, apnée ou scaphandre

✓ J'ai besoin d'air

✓ Dès l'arrivée en surface ou quelques minutes après

- Sensation de bulles pétillantes dans les poumons
- Râle crépitant lors de mes ventilations**
- Je me racle la gorge, besoin de cracher, crachat normal ou rosé
- La toux est récurrente, profonde et ne s'arrête pas**
- Sensation de liquide dans les poumons
- Mes capacités physiques sont diminuées ou incapacité totale
- Tout effort est un calvaire

J'arrête tout effort,

Je préviens et demande assistance

En surface je m'allonge le plus possible

Sur le bateau, et le plus tôt possible O₂ à 15l/min



Sources images : Dr Nicolas Lainé

Symptômes ... plusieurs mois après

- ✓ **Les symptômes peuvent disparaître rapidement, 10 minutes à 48h**
 - Même en imagerie médicale, il ne reste pas grand-chose 48h après
 - ❑ La toux s'arrête rapidement, surtout sous oxygène
 - ❑ **Dans les premiers temps elle peut réapparaître lors du passage en position couchée**
 - ❑ **Risque de complication nocturne**
- ✓ **L'OPI peut revenir facilement plusieurs mois après lors d'un effort intense, même sans immersion**
- ✓ **Il peut rester une baisse de capacité physique pendant plusieurs mois**



Après, je dois tout faire en mode convalescent

Pas si facile car déni et phase de rémission engagée

Je reprends des activités physiques en m'écoutant !!!

Ce qui réactive l'OPI c'est l'intensité de l'effort et non pas la durée

Attention le risque de récurrence est majeur (20%)

Les facteurs de risques

✓ **Age ; plus de 45 à 50ans**

✓ **Facteurs physiologiques :**

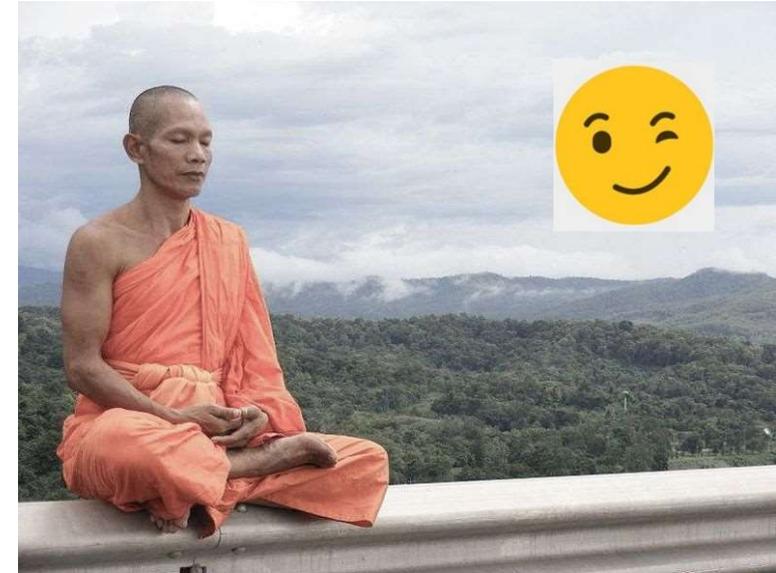
- Hypertension artérielle
- Diabète type 2, non insulino-dépendant
- Asthme, facteurs infectieux grippe, COVID
- Facteurs génétiques ; anomalie du collagène
- Traitements médicamenteux contre les douleurs et fièvres, β bloquants

✓ **Facteurs de vie**

- Manque d'entraînement, mauvaise hygiène de vie, tabagisme

✓ **Facteurs de plongée**

- Froid, conditions difficiles, stress émotionnel
- Exercice physique, hyperventilation
- Vêtement étanche, combinaison trop serrée, recycleurs



Recommandations

- ✓ **En cas de suspicion** des facteurs de risques, redoubler d'attention envers soi et des autres plongeurs de la palanquée
- ✓ **Ne pas se croire invincible**
- ✓ En présence des symptômes ; agir vite : interrompre la plongée, demande d'assistance, O₂ en surface, évacuation
- ✓ Le risque de récurrence est important et plus grave, donc même en cas de symptômes diffus, il faut consulter un médecin
- ✓ Un début d'essoufflement peut être les prémices d'un OPI
- ✓ **En cas de suspicion d'OPI, il faut évacuer** même si la personne récupère vite, un diagnostic n'est possible que dans les premières heures
- ✓ **Une reprise trop rapide = accident plus grave**

Conduite à « retenir »

- ✓ Je dois arrêter tout effort,
- ✓ Je dois demander une assistance, dans l'eau et en surface
- ✓ Je dois être sous O₂ +++ le plus tôt possible
- ✓ Insuffisant cardiaque ou ventilatoire

- Mettre en position assise ou demie assise



- ✓ Évacuation indispensable car risque d'aggravation pouvant devenir mortel, possibilité de récurrence nocturne
- ✓ Dans la majorité des cas, les symptômes vont disparaître rapidement de 5 minutes à 48h, spontanément ou après traitement ...
- ✓ Ne pas négliger que le retour à une activité normale sans risque peut être long, 3 à 6 mois...

Proposition de prévention en scaphandre

- ✓ **Avoir un entraînement régulier ; nage, vélo, cardio,...**
- ✓ **Proscrire toutes les situations précipitées pouvant générer du stress**
- ✓ **Toujours se préparer à un effort en augmentant sa ventilation**
- ✓ **En immersion, ou en surface faire attention aux exercices violents réalisés dans des conditions difficiles**
- ✓ **Avoir un détendeur correctement entretenu et révisé**
- ✓ **Être sensibilisé au risque d'un essoufflement**
 - PREVENTION ;**
 - ✓ **Respiration sans masque en surface, contrôle de la ventilation**
 - ✓ **Contrôle coordination bouche-nez**
 - ✓ **Préparation à l'effort**

Proposition de prévention en apnée

- ✓ **En apnée, avoir un entraînement régressif vis-à-vis des contractions diaphragmatiques**
 - ❑ En effet si l'on prend l'habitude d'en faire en statique ou en dynamique, cela arrivera aussi en vertical
 - ❑ Il faut régresser dans les exercices pratiqués et recommencer sans contractions
- ✓ **Les entraînements en profondeur doivent être très progressifs même en stage de quelques jours, entraînement régulier en vertical !!!**
 - ❑ Les stages sont les endroits les plus propices à ce type d'accident. Courte durée, coûts engagés, attente depuis longtemps, espoir de descendre
- ✓ **Ne jamais forcer à la descente, risque de barotraumatismes et d'OPI**
 - ❑ Si la descente est psychologiquement difficile, il faut s'arrêter.
 - ❑ **Être à l'écoute de soi même**
 - ❑ **Restez ZEN**



à retenir de l'OPI ...

- ✓ **C'est une forme accidentelle récemment identifiée,**
- ✓ **Les mécanismes mis en avant sont d'origines très diverses**
- ✓ **Les prédispositions et les facteurs de risques restent peu connus**
- ✓ **La prévention, quelques idées mais reste à compléter**
 - Notre évolution ne nous permet pas d'être un animal marin,
- ✓ **C'est un accident à risque majeur car il peut être « négligé »**
 - La forme visible peut être bénigne
 - La régression des symptômes rapide
 - Les conséquences à 24h ou à long terme peuvent être graves
 - Les récurrences sont importantes et à risques



La priorité c'est O₂ à 15l/min

**URGENCE
QUI APPELER ?**

 Samu	 Police Secours	 Pompiers	 Urgence sms	 En mer	 Europe
 15	 17	 18	 114	 196	 112
Urgence médicale	Signaler une infraction	Situation de péril ou accident	Accessible par fax ou SMS	Sauvetage en mer	- Urgence médicale - Infraction - Péril



Puis prévenir les secours pour une évacuation

En conclusion, ...

✓ **Vous retenez Quoi ?**



À retenir, ... je peux toujours plonger !!!

- ✓ C'est un accident identifié récemment, encore peu connu
- ✓ C'est un accident à risque majeur **s'il n'est pas pris en compte**
- ✓ C'est un accident qui peut arriver si l'on cumule des facteurs favorisants,
- ✓ **Une personne avertie ne devrait pas être concernée**
- ✓ **Il faut être à l'écoute de soi même**