

# THÉORIE NIVEAU 4

## INCIDENTS – ACCIDENTS



### 2<sup>e</sup> PARTIE

- I. ESSOUFFLEMENT
- II. OPI : Œdème Pulmonaire d'Immersion
- III. Accidents liés à l'apnée
- IV. Incidents liés au froid en plongée

# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 1. MECANISME :

Au niveau cellulaire, notre corps produit du CO<sub>2</sub> qui est évacué lors de l'expiration.

Les échanges gazeux ont lieu au niveau des alvéoles :

L'expiration chasse un air chargé en CO<sub>2</sub>

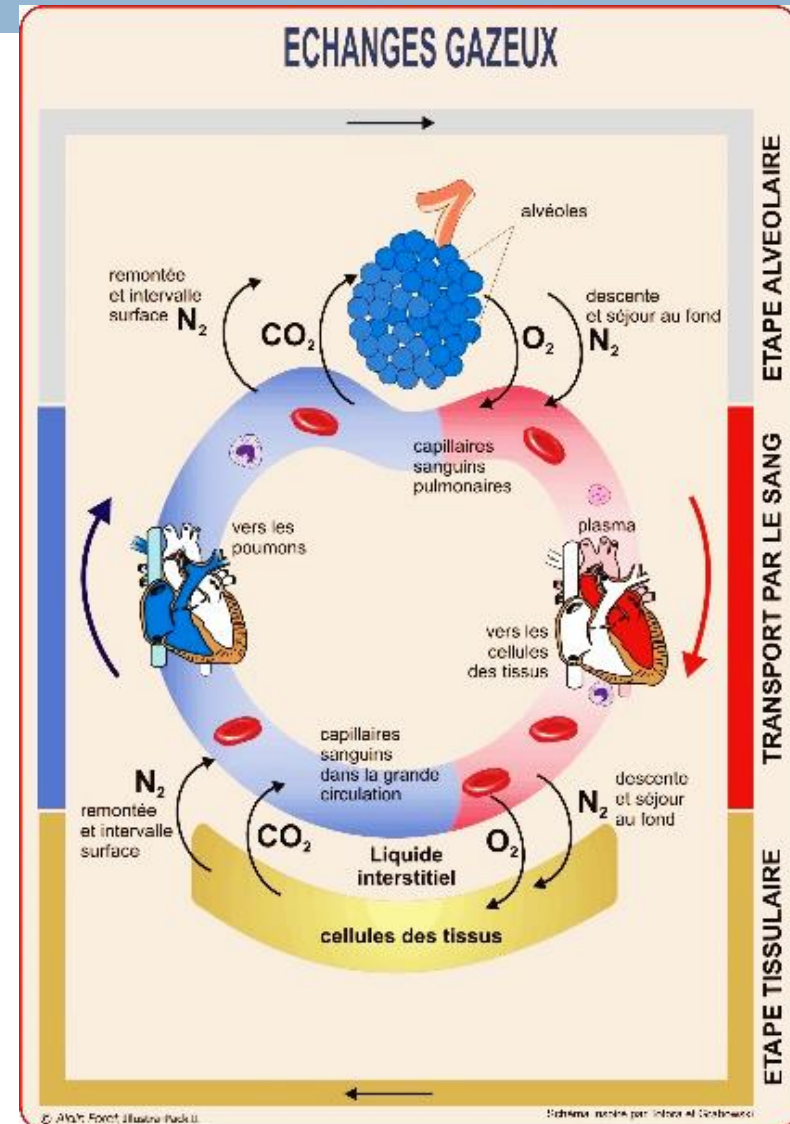
L'inspiration apporte aux alvéoles un air riche en oxygène (O<sub>2</sub>).

Si la consommation d'O<sub>2</sub> augmente (**efforts**), la production de CO<sub>2</sub> augmentera aussi car le CO<sub>2</sub> est le résidu de combustion de l'O<sub>2</sub> par les cellules.

**La différence de pression partielle de CO<sub>2</sub> sang veineux / alvéoles est à l'origine de la diffusion de celui-ci. Ces différences de Pp étant très faibles, le CO<sub>2</sub> a du mal à être évacué.**

Augmentation taux de CO<sub>2</sub> dans le sang = Hypercapnie".

Si mauvaise Expiration : Essoufflement (Intoxication par le Dioxyde de carbone).



# ESSOUFFLEMENT ET ECHANGES GAZEUX

Pressions partielles des gaz selon les différents stades

Habituellement la quantité de  $\text{CO}_2$  dans les alvéoles est maintenue constante par le jeu de la ventilation.

	Air expiré
$\text{O}_2$	0,16
$\text{CO}_2$	0,04
$\text{N}_2$	0,73
Vapeur d'eau	0,06

en surface (1 bar)

	Air inspiré
$\text{O}_2$	0,21
$\text{CO}_2$	traces
$\text{N}_2$	0,79
Vapeur d'eau	variable

en surface (1 bar)

	Sang "bleu"	Air alvéolaire	Sang "rouge"
$\text{O}_2$	0,05	0,13	0,13
$\text{CO}_2$	0,06	0,05	0,05
$\text{N}_2$	0,75	0,75	0,75
Vapeur d'eau		0,06	

en surface (1 bar)

Le  $\text{CO}_2$  est produit par l'organisme

cellules des tissus

A 40 m (5 bars)

	Air inspiré	Sang "bleu"	Sang "rouge"	Air alvéolaire	Air expiré
$\text{O}_2$	1,05				
$\text{CO}_2$	traces	0,06	0,05	0,05	0,04
$\text{N}_2$	3,95				

Oxygène et azote proviennent de l'air de la bouteille. Leur pression partielle augmente avec la profondeur.

Le  $\text{CO}_2$  étant produit par l'organisme, sa pression partielle est indépendante de la profondeur (à effort comparable)

Notez la très faible différence (gradient) de pression partielle de  $\text{CO}_2$  entre le sang "bleu" et l'air alvéolaire.

# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 2. CONSEQUENCE PAS COOL :

### Le cercle vicieux de l'Essoufflement :

Lors d'un effort, les mécanismes de régulation (chémorécepteur - Système Nerveux Central) augmentent la fréquence ventilatoire pour accroître la quantité d'O<sub>2</sub> et non pour réduire la quantité de CO<sub>2</sub>.

- Ce mécanisme entraîne une **augmentation de l'inspiration** (volume, fréquence) alors qu'il faudrait au contraire **forcer l'expiration pour éliminer le CO<sub>2</sub>** :
- C'est le cercle vicieux de l'essoufflement ! On est victime d'un manque d'expiration pour évacuer le CO<sub>2</sub> qui va entraîner un manque d'oxygène = hypoxie (au final, noyade).



**Augmentation  
de la production  
de CO<sub>2</sub>**



**Systèmes de régulation**  
Augmentation de la ventilation  
Augmentation de l'activité cardiaque

*Expiration  
suffisante*

**Efficacité :**  
CO<sub>2</sub> maintenu constant

**Bonne  
plongée**



**Régulation dépassée :**  
Augmentation du CO<sub>2</sub> alvéolaire

**Diminution du gradient :**  
diminution de l'élimination

**Hypercapnie progressive**  
(augmentation du CO<sub>2</sub> sanguin)

**Inefficacité :**  
ventilation de l'espace mort

**Stimulation forte de  
l'INSPIRATION**

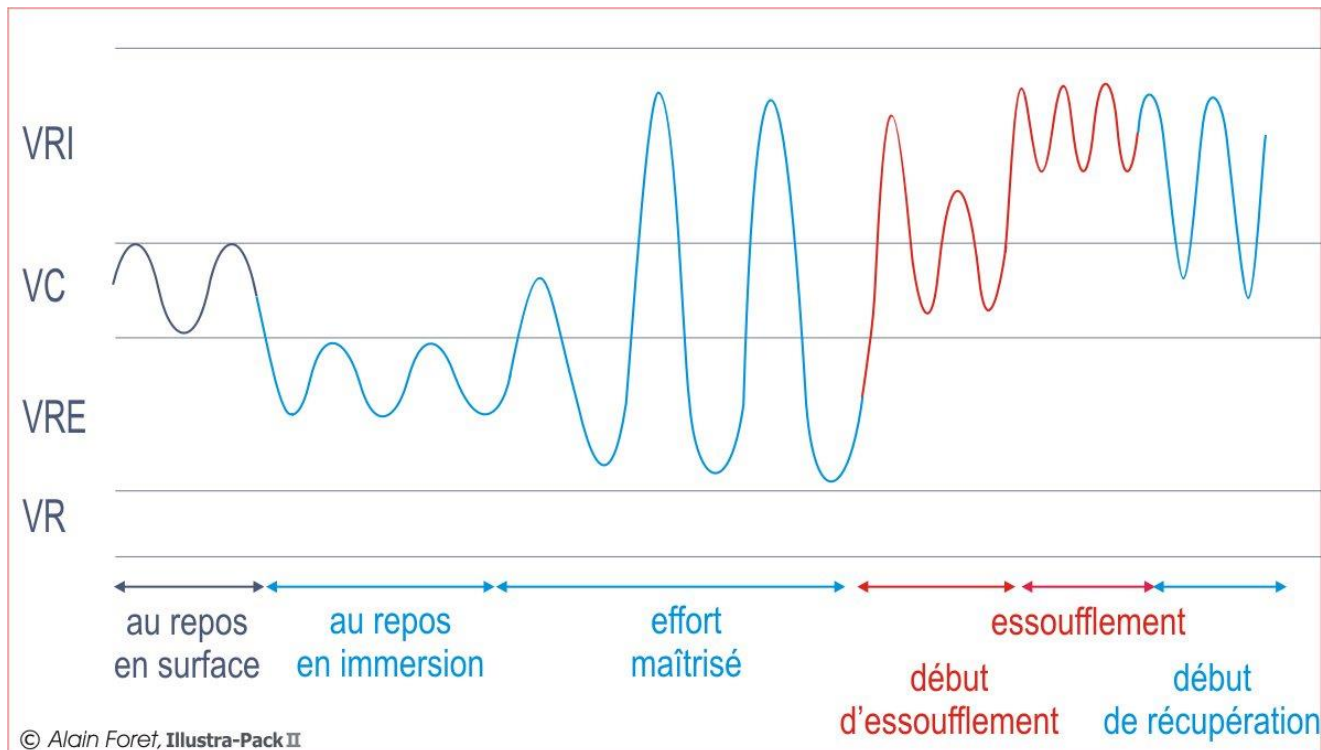
**DETRESSE  
VENTILATOIRE**



# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 3. RECUPERATION :

Il y a récupération si, conscients du phénomène, nous abaissons la Pp de CO<sub>2</sub> alvéolaire par une **remontée de quelques mètres ou une expiration longue forcée.**



# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 3. MAIS POURQUOI TANT D'EFFORTS ?

- **Détendeur** : Inspi & Expi forcée ⇒ Efforts supérieurs à la ventilation en surface.
- **Viscosité de l'air** (↗ Profondeur) ⇒ Baisse débit ⇒ Efforts inspi et expi accrus.
- Pression sur **Combinaison** (↗ profondeur)
- ⇒ Effort inspiratoire accru.
  - ➔ « **Le plongeur est un insuffisant respiratoire** »
- **Agitation** (jeunes), Palmage à contre-courant ⇒ Effort
- Lestage inadapté (surlestage).
- **Matériel défectueux** (détendeur trop « dur », bouteille mal ouverte).

# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 4. FACTEURS FAVORISANT L'ESSOUFFLEMENT :

- **Le froid :**
- Produire plus de calories  $\Rightarrow$  « brûler » de l'oxygène  $\Rightarrow$  produit en retour du  $\text{CO}_2$
- Diurèse du froid  $\Rightarrow$  Redistribution du volume sanguin, abaissé  $\Rightarrow$  échanges gazeux moins efficaces.
- **La Diurèse d'immersion :** Le volume sanguin pulmonaire augmente (jusqu'à 700 ml en plus), ce qui réduit un peu le volume interne des poumons, donc la capacité respiratoire.
- **La peur, le stress**  $\Rightarrow$  On a tendance à retenir sa ventilation
- **Une Vitesse de descente rapide**, on expire moins d'air qu'on en inspire (Mariotte). En effet, la pression change très vite et n'est plus la même à chaque étape du cycle respiratoire. On accumule donc de l'air sans presque le renouveler...
- **La Mauvaise forme physique.**
- Présence accidentelle d'un taux de  $\text{CO}_2$  dépassant la normale dans l'air des bouteilles (défaut de gonflage). Une  $\text{PpCO}_2$  de 0,07 bar provoque une syncope.



# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 6. MAIS QUE FAIT LE Guide de PALANQUEE ?


### **PREVENTION : Avant de plonger :**

- Vérifier que les blocs sont bien ouverts (débutants).
- S'assurer de la protection au froid des élèves (Combi).
- Briefer votre jeune élève pour éviter l'agitation sous l'eau.
- Décrire le Test d'expiration forcée.
- Veiller à la reprise du souffle de chacun avant l'immersion.
- Ne pas plonger si un plongeur est essoufflé en surface.
- S'informer du courant éventuel (DP, sur bateau).
- Immersion rapide si présence de courant de surface.
- Utiliser la ligne de vie en cas de courant.
- Descendre au mouillage.
- Rassurer avant l'immersion.

# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 6. MAIS QUE FAIT LE Guide de PALANQUEE ?

### PREVENTION : Durant la plongée :

- Être attentif aux plongeurs que vous accompagnez  
(surveiller Bulles, Comportement : Palmage, Agitation).
- Vérifier leur Consommation régulièrement (Manos)
-  Un essoufflement augmente considérablement la conso.  
(Peut augmenter jusqu'à 80, 100 ou 120L/min = 3 ou 4min à 40m)
- Ne pas palmer trop vite (Guide).
- Ralentir votre élève si trop rapide.
- S'arrêter parfois si courant (point d'appui).

# I. L'ESSOUFFLEMENT en Plongée

## 6. MAIS QUE FAIT LE Guide de PALANQUEE ?

### CONDUITE A TENIR

Si un essoufflement est signalé :

- Faire cesser tout effort.
- Remonter le plongeur de quelques mètres sans lui demander, en maintenant son détendeur en bouche. (Il sera toujours temps ensuite de faire « stop », « expire », « ça va ? »).

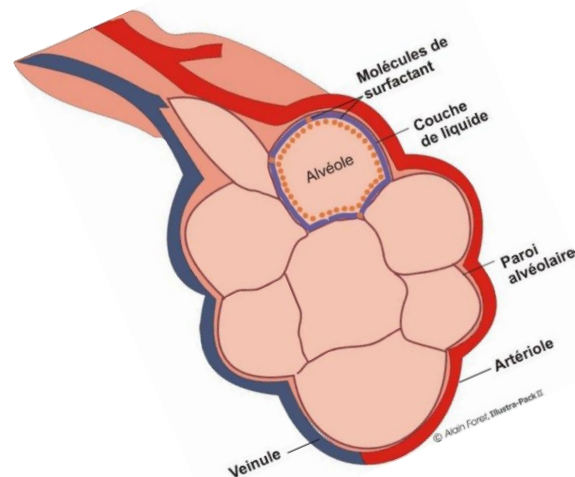
**La baisse de pression ambiante suffit en général à désamorcer un essoufflement, surtout si la victime cesse tout effort.**

L'ex-essoufflé fait signe "OK, tout va bien". Le garder à l'œil jusqu'au retour au bateau, on ne sait pas comment il récupère. Surveiller la palanquée. Dans tous les cas, ne pas redescendre aussi bas que la profondeur à laquelle est survenu l'incident. Majorer palier si existant (PE40).

## II. L'OPI : Œdème Pulmonaire d'Immersion

Depuis quelques années, une cause de détresse respiratoire en immersion apparaît de plus en plus fréquente : l'Œdème pulmonaire.

Cet accident traduit les contraintes auxquelles notre système cardio-respiratoire est soumis au cours de l'immersion et semble devenir l'une des causes les plus fréquentes d'accident respiratoire pris en charge par les médecins, en lien probable avec l'évolution de la population des plongeurs.



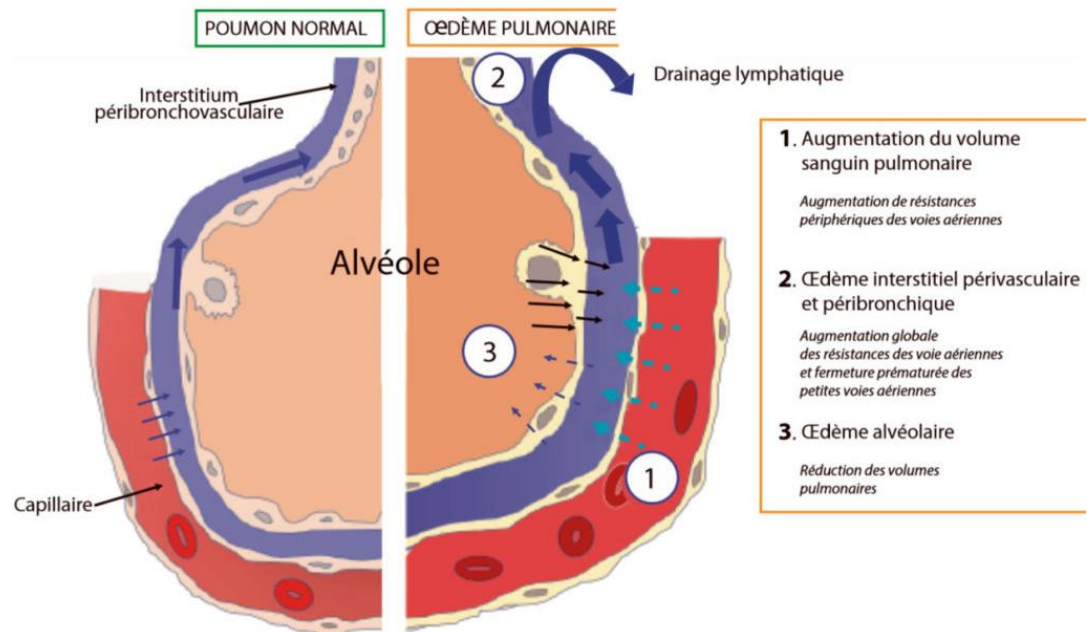
## II. L'OPI : **MECANISME**

**Le premier mécanisme** est lésionnel, avec **Altération de la barrière alvéolo capillaire** :

Le contenu des capillaires pulmonaires passe d'abord dans l'espace l'espace interstitiel.

Mécanisme similaire à l'œdème de la noyade, au cours duquel l'eau agresse la paroi alvéolaire et détruit le surfactant pulmonaire.

**Le second mécanisme** est lié à l'**Augmentation de la pression capillaire**, due à une défaillance de la pompe cardiaque : Les éléments figurés du sang (les globules) et en particulier les globules rouges qui sont les plus petits passent dans l'alvéole.



## II. L'OPI : CAUSES

### ➤ DIURESE D'IMMERSION

L'augmentation de la pression ambiante entraîne une redistribution du sang contenu dans la circulation des membres vers la circulation centrale, en particulier la circulation thoracique (Cœur, Poumons) avec un afflux d'environ 700 ml de sang (Blood shift).

#### **Conséquences :**

- Engorgement de la circulation pulmonaire avec augmentation des pressions sanguines pulmonaires. Réduction du volume alvéolaire.
- Augmentation de la charge pour le cœur → augmentation du débit cardiaque.
- Augmentation de la perméabilité capillaire.

### ➤ LE MATERIEL :

L'effort respiratoire est plus important en plongée, nécessitant une dépression inspiratoire et une pression expiratoire plus marquées → Etirement des parois alvéolaires.

De plus, les gaz respirés sous pression sont plus denses, leur écoulement dans les voies respiratoires est donc plus difficile.



# II. L'OPI : FACTEURS FAVORISANTS

## ➤ LE FROID :

Entraîne une vasoconstriction périphérique (diminution du calibre des petits vaisseaux des extrémités) qui amplifie la redistribution centrale.

## ➤ LE STRESS :

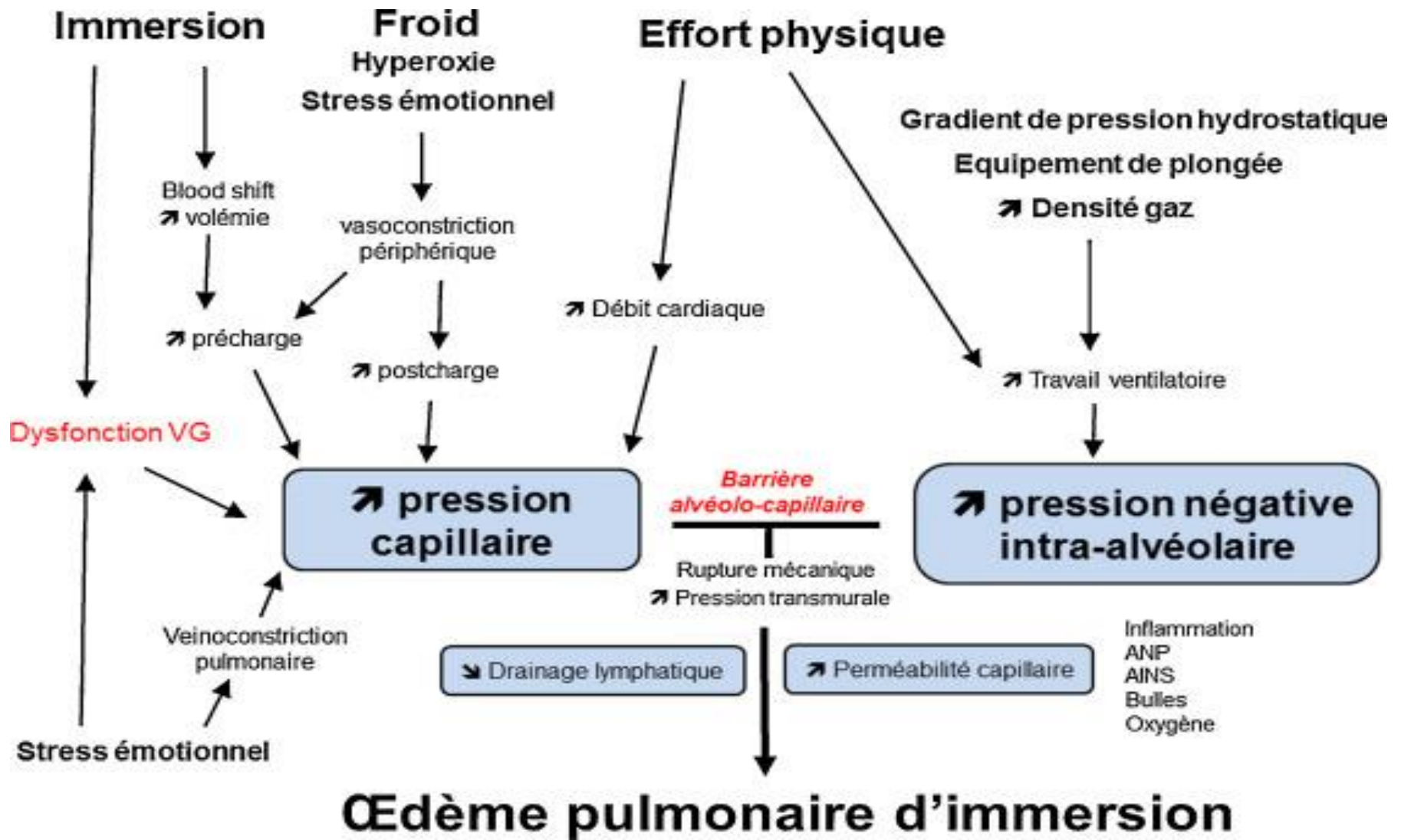
Stimule la libération d'hormones comme l'adrénaline, générant une augmentation de la tension.

## ➤ L'EFFORT

## ➤ L'AGE

## ➤ LE SURPOIDS

# II. L'OPI : Résumé



## II. L'OPI : SYMPTOMES

Les premiers signes peuvent apparaître dès le **début** de la plongée, au **milieu** ou en **fin de plongée**, voire **en surface** pendant le retour au bateau.

Les symptômes sont :

- **Gêne respiratoire**, voire une franche **difficulté respiratoire**, qui peut s'accompagner assez souvent d'une **toux** et de **crachats de mousse rosée**, voire de sang.

Quelquefois, le plongeur peut présenter un **malaise avec perte de connaissance**. Risque de noyade secondaire.

Plus rarement, si le plongeur tarde à sortir de l'eau, il peut y avoir **arrêt cardiovasculaire**.

## II. L'OPI : CONDUITE A TENIR

Dans l'eau, l'équipier pourra remarquer :

- Un **comportement anormal**,
- Le signe "je **suis essoufflé**" pour signaler la **gêne respiratoire**,
- Une **consommation excessive**,
- Un **signe « Va pas »**, etc....

Une assistance, ou un sauvetage selon le cas, est nécessaire pour remonter (au gilet) sans tarder le plongeur en difficulté et lui épargner tout effort qui amplifierait la gêne.

Une sortie de l'eau rapide et efficace suivie de la **mise sous oxygène** au masque à bon débit (**15 l/min**) conditionne l'amélioration rapide des signes. Alerte des secours.

## II. OPI & Surpression Pulmonaire

Un problème respiratoire à la sortie de l'eau avec des difficultés respiratoires, toux et crachats rosés ressemble à la Surpression Pulmonaire.

- **SP** : les lésions pulmonaires sont la conséquence d'un barotraumatisme, c'est-à-dire une distension alvéolaire, pouvant entraîner la rupture de la paroi alvéolaire avec l'effraction de gaz dans les tissus environnants et dans la circulation sanguine. Parfois, il peut y avoir passage sanguin dans les alvéoles et œdème pulmonaire associé.

Cependant le contexte est particulier : Remontée avec blocage expiratoire. Les signes respiratoires débutent alors à l'issue de cette ascension et peuvent s'accompagner de signes neurologiques.

- **OPI** : ce sont les contraintes exercées sur la barrière alvéolo capillaire *via les modifications respiratoires et circulatoires*, qui sont à l'origine d'une augmentation de sa perméabilité.

Les signes respiratoires peuvent donc débuter à n'importe quelle phase de l'immersion.

**Dans les deux cas, la conduite à tenir pour le plongeur secouriste reste la même :  
Sortie de l'eau, oxygène, alerte.**

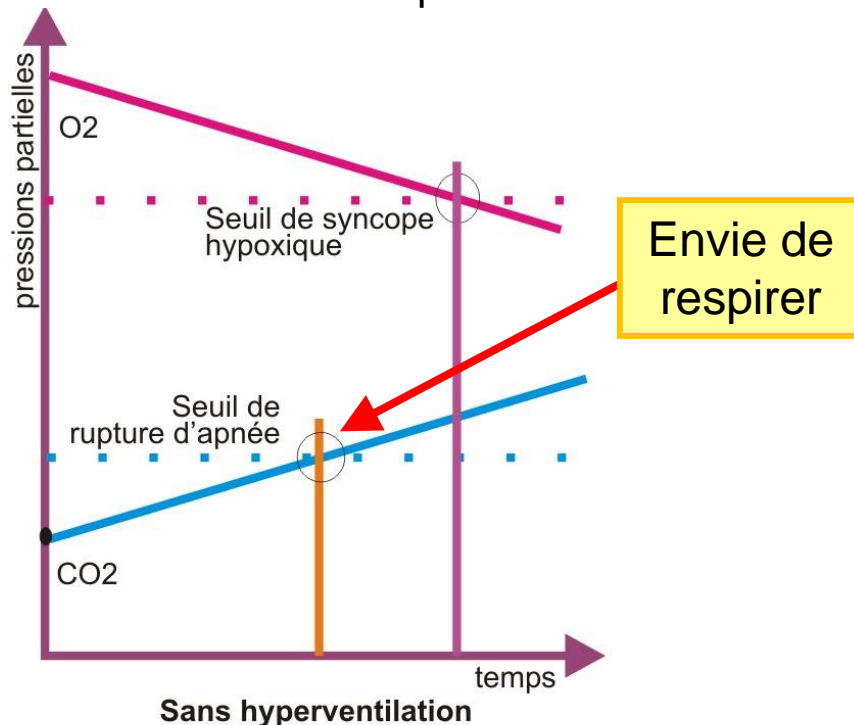
# III. Accidents & APNEE

## LA SYNCOPE HYPOXIQUE

### MECANISME GENERAL :

Pour survivre, l'organisme utilise de l'oxygène et produit du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>).

« L'envie de respirer » est principalement déterminée par l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> au niveau des centres respiratoires situés au niveau du bulbe rachidien.



A la remontée, la pression ambiante diminue rapidement vers la surface. Le taux d'oxygène diminue et peut atteindre le seuil critique → syncope.

Si rien n'est fait, l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> provoque la reprise des mouvements respiratoires et le plongeur se noie.

Cette syncope se produit souvent dans les derniers mètres, juste sous la surface. Le fait d'étendre la nuque pour regarder la surface diminuerait la circulation sanguine au niveau du cerveau et accentuerait ce phénomène.



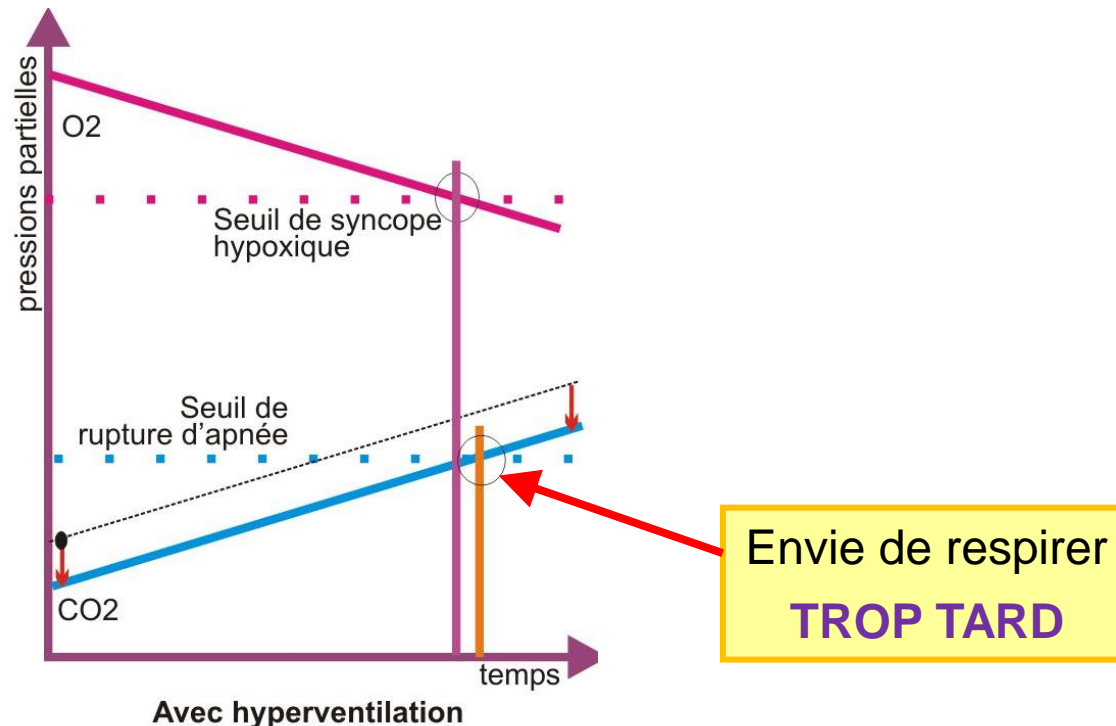
# III. Accidents & APNEE

## LA SYNCOPE HYPOXIQUE

### MECANISME avec HYPERVENTILATION :

L'hyperventilation avant l'immersion **diminue le taux de CO<sub>2</sub>** et, donc, **retarde l'envie de respirer**.

Lors de la descente et au fond, la pression partielle d'O<sub>2</sub> augmente de façon proportionnelle à la pression atmosphérique. Au fur et à mesure, l'oxygène est consommé, mais, comme le taux de CO<sub>2</sub> est bas, le plongeur n'éprouve pas le besoin de remonter pour respirer.



# III. Accidents & APNEE

## LA SYNCOPE HYPOXIQUE

### CONDUITE A TENIR :

La personne qui assure la surveillance en surface doit intervenir immédiatement, tracter la victime en tenant ses voies aériennes hors de l'eau, puis faire le signe «détresse en surface». Le retour à la conscience est favorisé si on stimule verbalement la victime. S'il n'y a pas d'intervention rapide, la victime va se noyer.

### PREVENTION :

- Ne pratiquer l'apnée qu'avec une surveillance en surface. Le « surveillant » doit être capable de descendre à la même profondeur que son partenaire.
- Eviter les apnées rapprochées, prévoir des périodes de récupération, avoir une bonne condition physique.
- Bannir la notion de record.
- Avoir un lestage adapté, de façon à être en flottabilité positive dans les derniers mètres, et éviter de couler, en cas de syncope.
- Eviter d'étendre la tête de façon exagérée lors du tour d'horizon. Le fait d'incliner le corps à 45° dans les derniers mètres permet de régler ce problème.
- Ne pas pratiquer l'hyperventilation.

# III. Accidents & APNEE

## LA SAMBA

### SAMBA ou P.C.M. (Perte Contrôle Moteur)

#### A L'EMERSION :

- Manifestation de troubles moteurs : Tremblements, Gestes convulsifs incontrôlés. Perte de la vigilance.
- Le plongeur ne sait plus ce qu'il fait sans pour autant être évanoui.

La samba peut survenir jusqu'à 15 à 20 secondes après la fin de l'apnée. En effet entre la reprise respiratoire et l'arrivée du sang oxygéné au niveau des récepteurs, il s'écoule un certain temps pendant lequel la PpO<sub>2</sub> continue à décroître et le processus d'hypoxie cérébral à s'aggraver → **Importance de maintenir la surveillance jusqu'à une minute après la fin de l'apnée.**

Intervenir rapidement sur le plongeur, lui maintenir les voies aériennes hors de l'eau, l'assister avant retour à la normale.

**Prévention : Un surveillant proche et pas de recherche excessive de performance.**

# IV. Incidents liés au froid en plongée

## 1. INTRODUCTION :

L'homme est homéotherme :

**Il doit conserver une température interne constante (37°) pour garantir le fonctionnement normal de ses organes = Thermorégulation.**

- Dans l'eau, nous nous refroidissons 25 fois plus vite que dans l'air.
- La neutralité thermique (pas d'échanges caloriques) dans l'eau est à 33°C (23/26°C dans l'air).

## 2. MECANISME : Les Echanges Thermiques :

Ce sont les échanges thermiques qui sont la cause du refroidissement :  
Ils s'effectuent grâce aux surfaces d'échanges (peau et poumons).

Les enfants ont une surface corporelle plus importante que les adultes relativement à leur masse → ils se refroidissent donc plus vite.



# IV. Incidents liés au froid en plongée

2  
5

## TYPES D'ÉCHANGES THERMIQUES :

### → par **CONVECTION** :

Echange thermique avec fluide en déplacement.

Circulation de l'eau sur et surtout dans la combinaison elle-même, qui oblige le corps à réchauffer en permanence une nouvelle pellicule d'eau.

**Ventilation** : Echange Air froid inspiré / Poumons + air chaud expiré / Poumons)

### → par **CONDUCTION** :

Echange thermique entre solides ou liquides immobiles (ayant des  $t^\circ$  différentes).

Notre corps transmet un peu de chaleur à l'eau de la combinaison (contact).

→ par **RADIATION** (ou rayonnement) : Les Infra-rouges passent peu dans l'eau.

Type d'échange négligeable dans notre activité par rapport aux 2 autres.

Autre mécanisme en jeu :

→ Changements d'état (évaporation / sudation)

# IV. Incidents liés au froid en plongée

26

## Evolution de l'Hypothermie 1/2

### ■ Premier stade :

Température centrale entre **34 et 37°C**

- Abaissement de la température cutanée
- **Vasoconstriction** (sang → organes vitaux)
- Diminution du volume sanguin (Eau → reins)

} **DIURESE  
du froid**

### Si non suffisant :

**Thermogénèse** = Production de chaleur par les muscles :

- Accélération du rythme cardiaque

(Augmente conso O<sub>2</sub> et Favorise essoufflement + ADD)

- Frissons, tremblements, crampes.



# IV. Incidents liés au froid en plongée

## Evolution de l'Hypothermie 2/2

- **Deuxième stade : entre 27 et 34°C**
  - Tachycardie
  - Baisse de la tension artérielle
  - Engourdissement, perte sensibilité.
  
- **Troisième stade : entre 25 et 27°C**
  - Comma, syncope, mort.

# IV. Incidents liés au froid en plongée

## FACTEURS IMPLIQUÉS

- **Température** de l'eau (s'informer / DP).
- **Fatigue** (Facteur très favorisant).
- **Age** du plongeur (Attention jeunes).
- **Durée** Plongée (anticiper retour bateau).
- **Profondeur** plongée.
- **Physionomie** plongeur (pas épais ?).
- Manque calorique (**Pas assez mangé**).
- **Combinaison** pas adaptée.

# IV. Incidents liés au froid en plongée

## MAIS QUE FAIT LE GP : PREVENTION

- S'informer de la t° de l'eau.
- Prend en considération l'âge, la physiologie du plongeur, son état de fatigue.
- S'assure que le pti déj. était suffisant.
- Prévoit des paramètres de plongée (Durée, Prof.) plus restrictifs.
- S'assure de l'adaptation de la combinaison.
- Convient de signes évolutifs (Briefing bateau)
- Indique de limiter les mouvements (convection accrue)

# IV. Incidents liés au froid en plongée

## **MAIS QUE FAIT LE GP : SOUS L'EAU ?**

### **Il est attentif à son élève :**

- Son intérêt ou non à l'explo. (esprit ailleurs ?)
- La quantité de bulles (Froid → Consommation → Mano)
- Sa Position (recroquevillée ?)
- Si début de tremblements (lèvres, bras), crampes
- Sa réactivité aux signes (pas de réponses...)

# IV. Incidents liés au froid en plongée

## EN CAS DE FROID IDENTIFIÉ : CAT

- Fin de plongée - Sortie de l'eau
- Déséquiper
- Sécher sans frictionner (Dilatation progressive des vaisseaux à respecter, sinon afflux sanguin brusque vers la périphérie du corps au détriment des organes vitaux )
- Vêtements chauds et coupe-vent
- Allonger avec couverture
- Eventuellement boisson chaude et sucrée (pas alcoolisée)
- Surveiller