

# ACCIDENTS & ADAPTABILITE LIES A LA PROFONDEUR



**Marc SALACROUP- MEF2**  
**Patricia RAMBURE – MEF1**

Formation N3-N4 – 2009/2010

# ACCIDENTS & ADAPTABILITE LIES A LA PROFONDEUR

★ Rappel de physique

★ Rappel de physiologie

★ Les accidents et prévention

Ⓢ Bio mécanique

Ⓢ Bio chimique

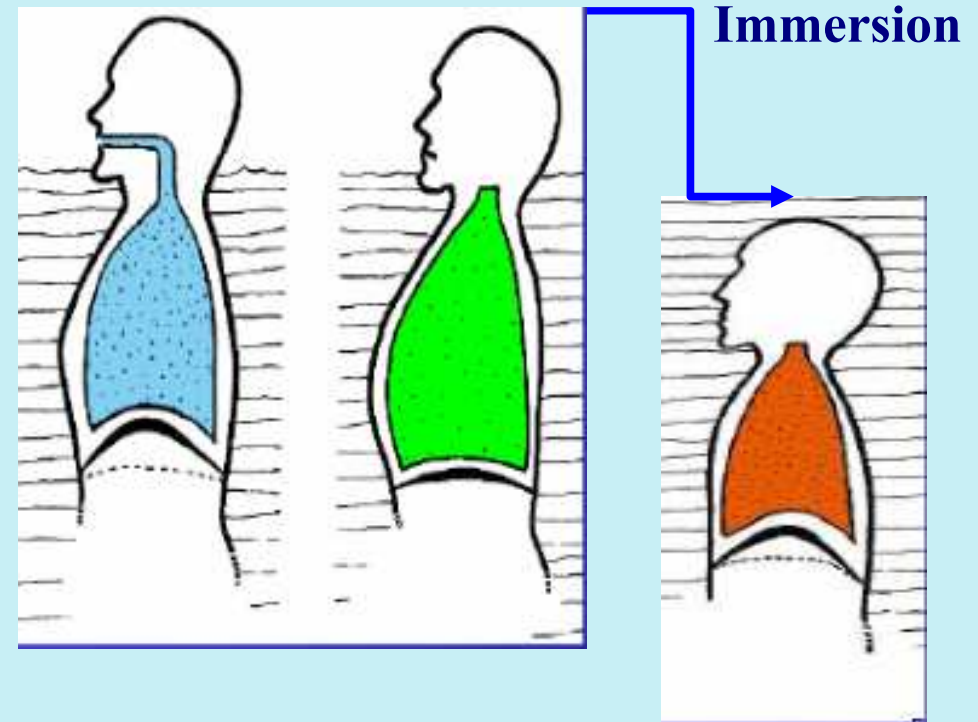
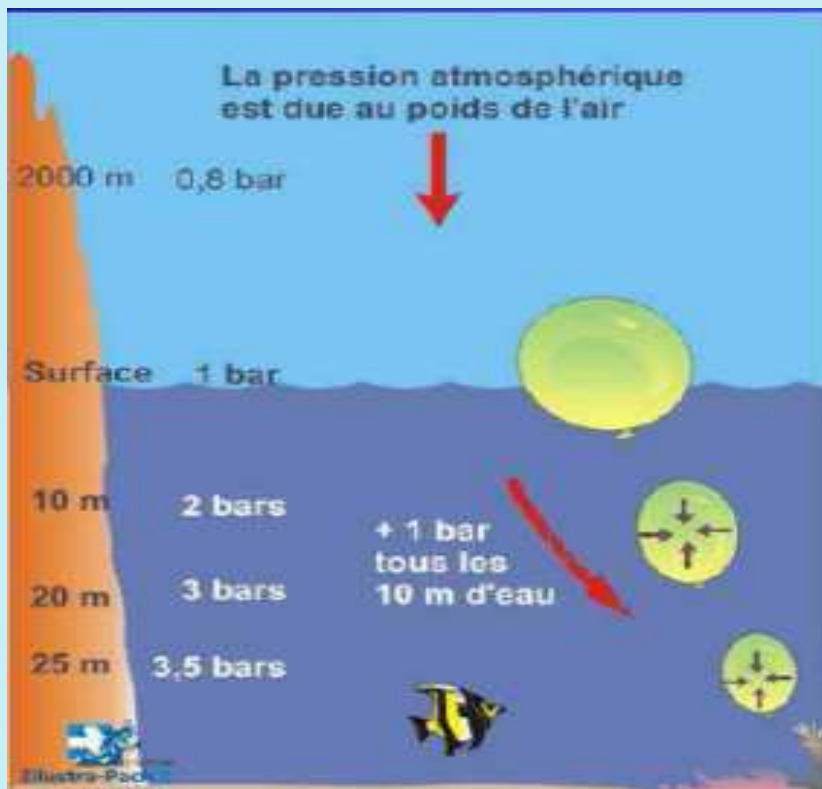
Ⓢ Bio physique

★ Adaptabilité au milieu et à la profondeur

# Rappel de Physique

## Pression et volume :

Un volume gazeux diminue sous l'effet de la pression, c'est la loi de Mariotte :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ .



# Rappel de Physique

## Pression et volume :

Lors de la descente la pression hydrostatique augmente, elle a une incidence sur les volumes de notre corps qui contiennent du gaz.

Notre corps est constitué de 65% de liquide incompressible, l'augmentation de pression n'agit pas sur ces parties corporelles.

Par contre les intestins, les dents, les sinus, les yeux, l'oreille interne et les poumons subissent l'augmentation et la diminution de la pression.

La variation de leur volume due à la pression peut provoquer des accidents plus ou moins grave → **les barotraumatismes.**

# Rappel de Physique

Effet des gaz à une certaine pression partielle

$$P_{\text{pgaz}} = P_{\text{abs}} \times \% \text{ du gaz}$$

Loi de Dalton : la cause des **accidents biochimiques**.

O<sup>2</sup> dans le sang = Normoxie 0,21 b →

Ok

Hypoxie 0,17 à 0,12 b → **PCM/ Syncope**

Anoxie - de 0,12 b →



CO<sup>2</sup> dans le sang = Normocapnie 0,05 b → Ok

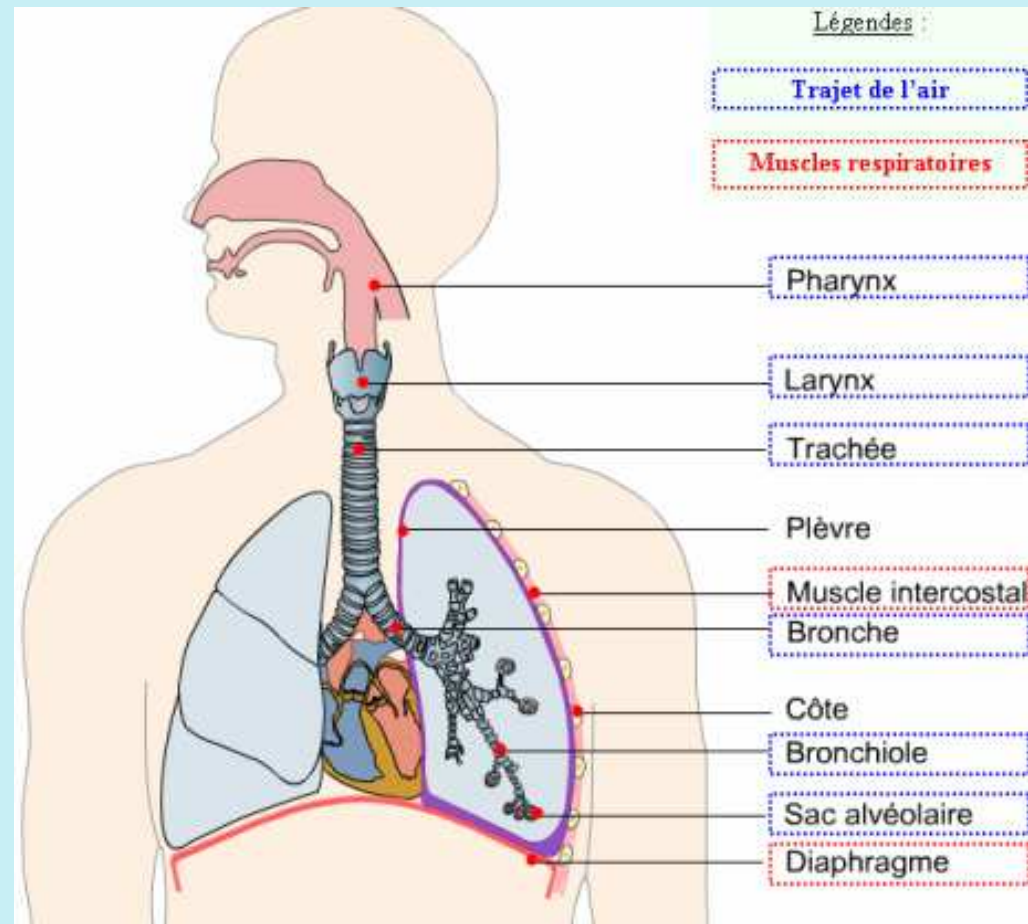
Hypercapnie + de 0,06 b → **Essoufflement**

loi de Henry : la cause des **accidents biophysiques**.

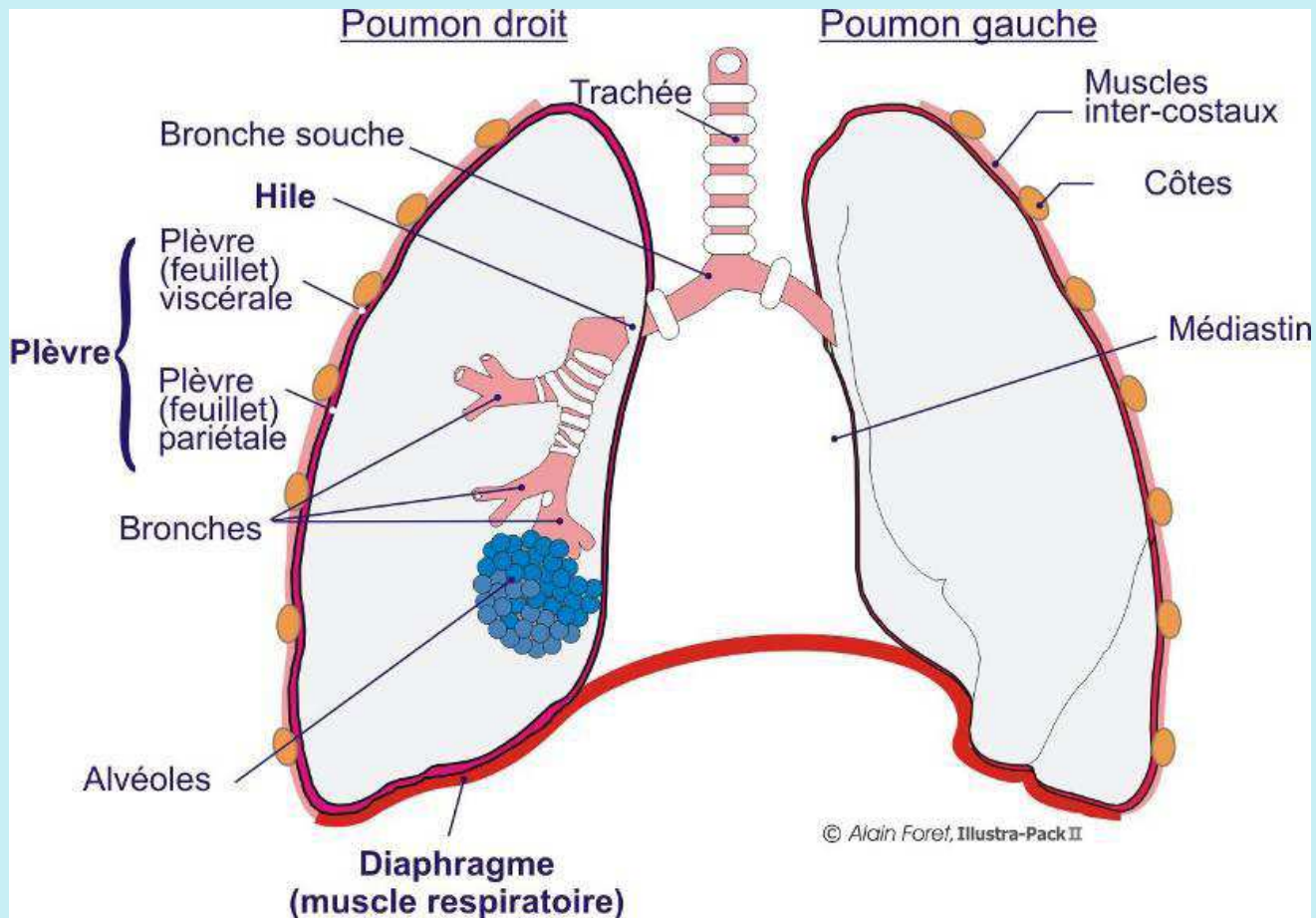
N<sup>2</sup> dissolution dans les tissus → **ADD**

# Rappel de Physiologie

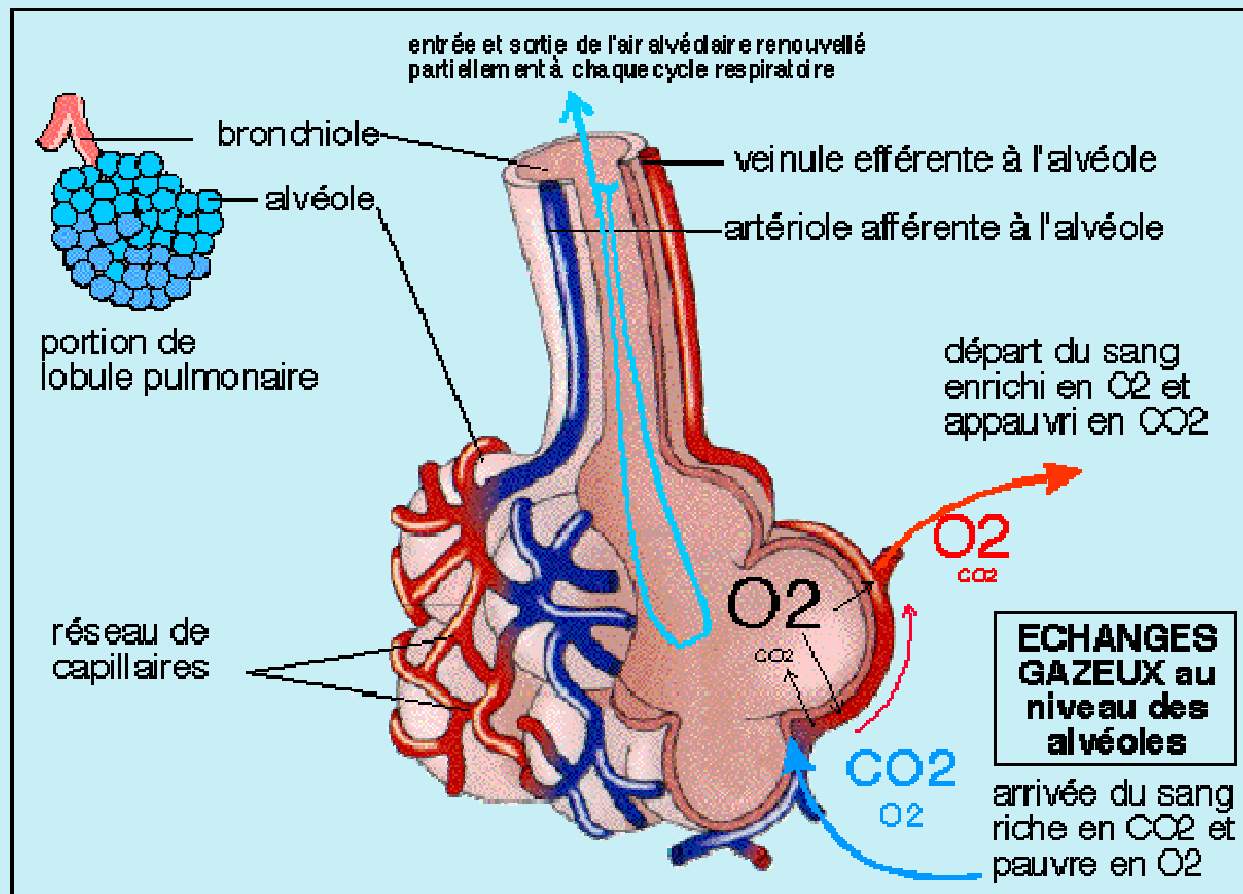
## L'APPAREIL VENTILATOIRE



# Rappel de Physiologie

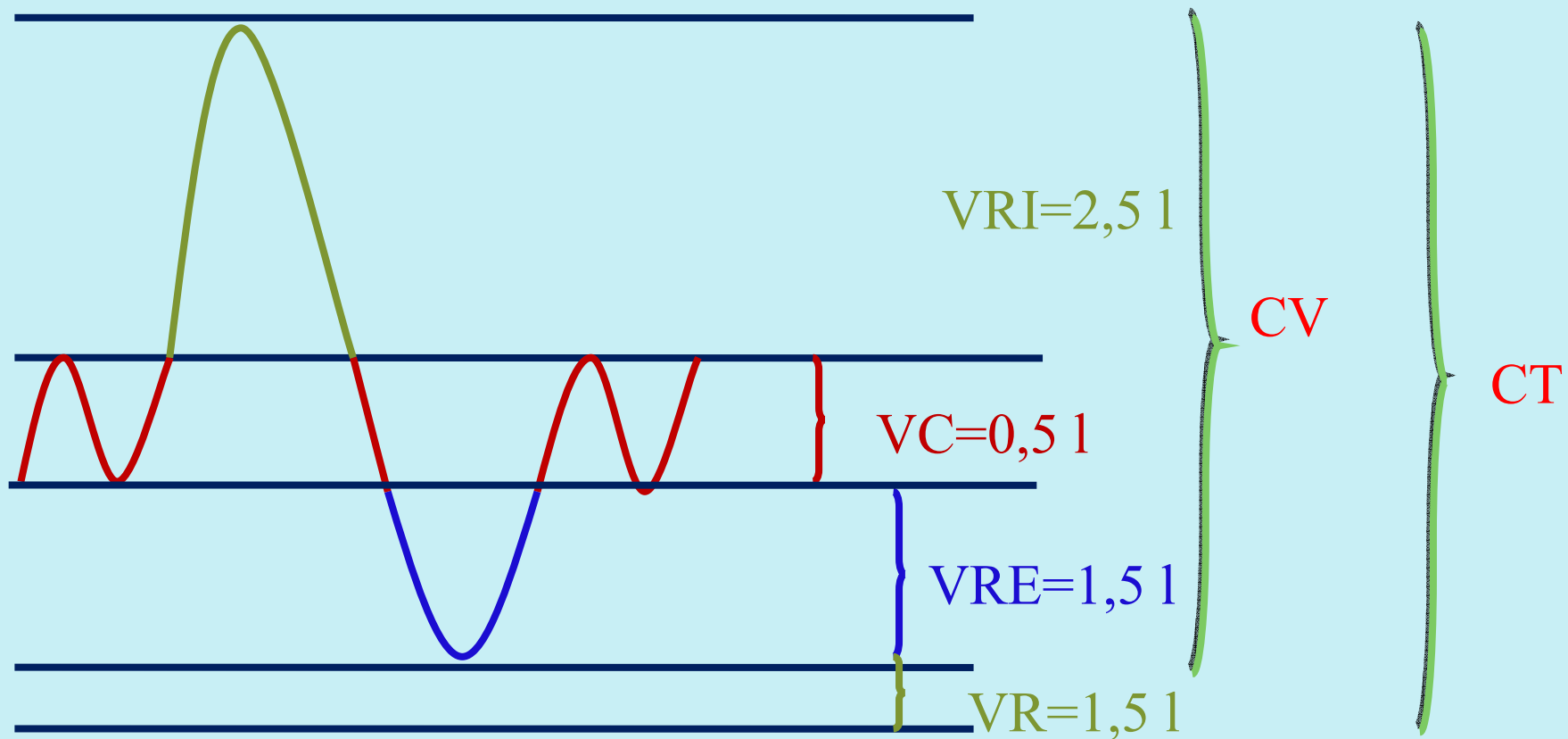


# LES ECHANGES GAZEUX





# Rappel de Physiologie

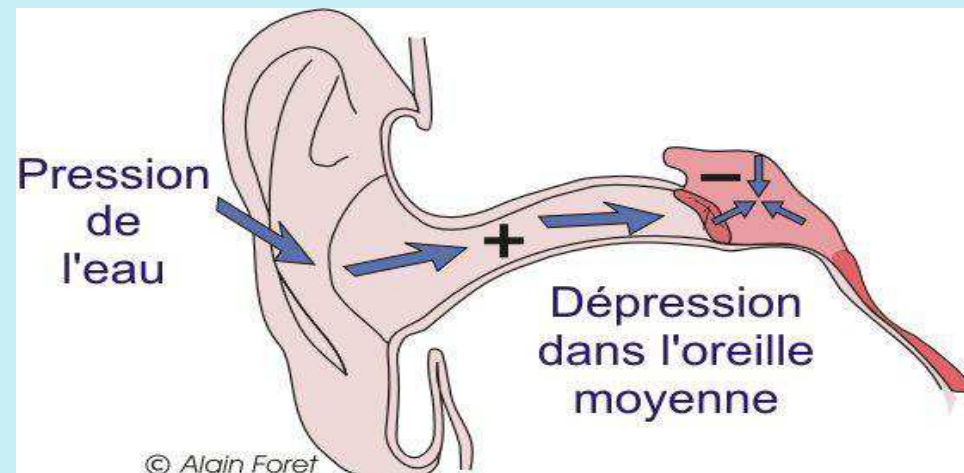


# LES ACCIDENTS BIO-MECANIKES

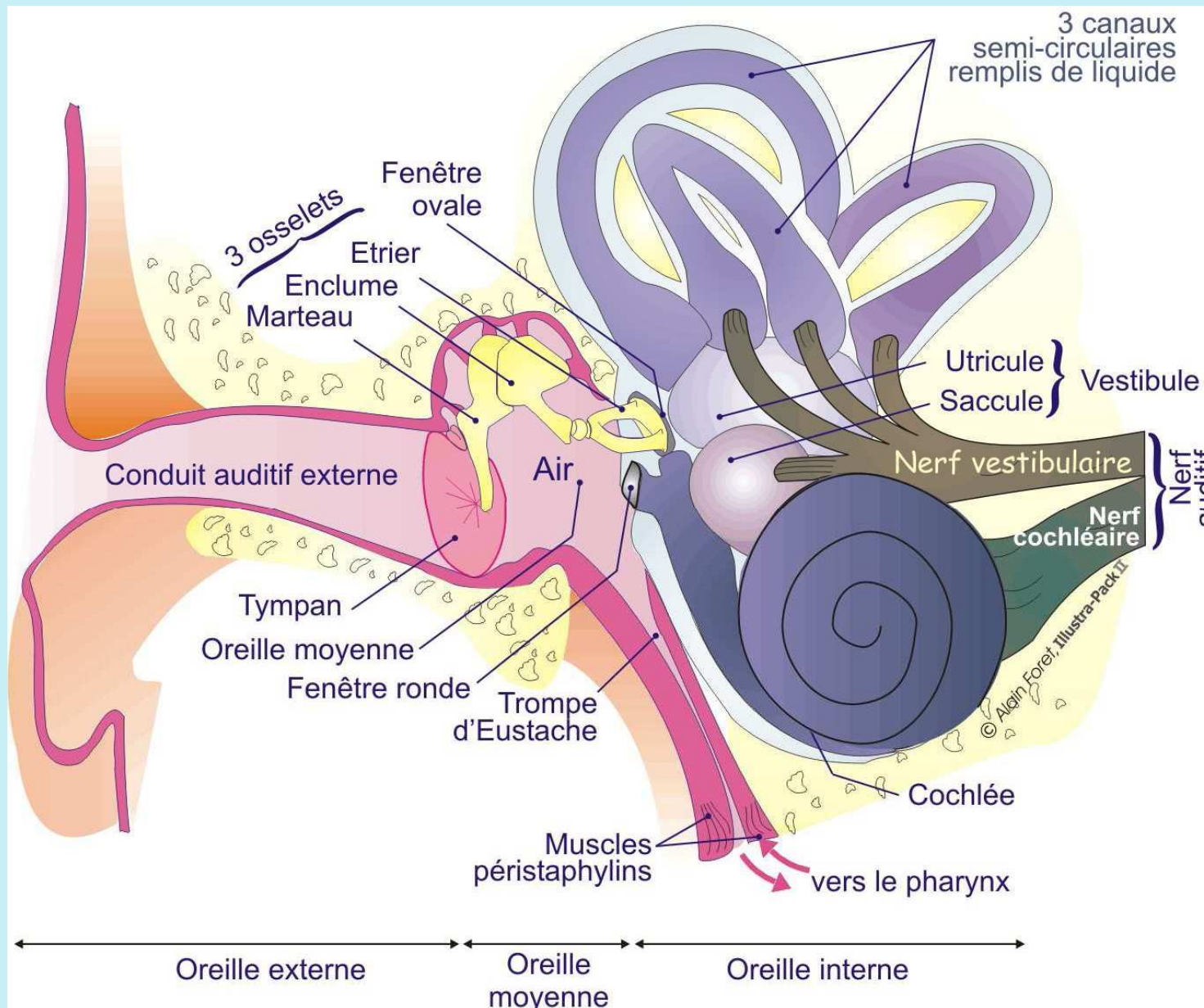
## LES BAROTRAUMATISMES et OAP

# LES OREILLES

La différence de pression entre l'oreille moyenne et la pression ambiante crée une déformation du tympan. L'équilibrage s'effectue par les trompes d'Eustache, si elles se bouchent celui-ci n'est plus réalisable. Le traumatisme subi par le tympan a comme symptômes des douleurs et/ou des vertiges avec perte d'équilibre.



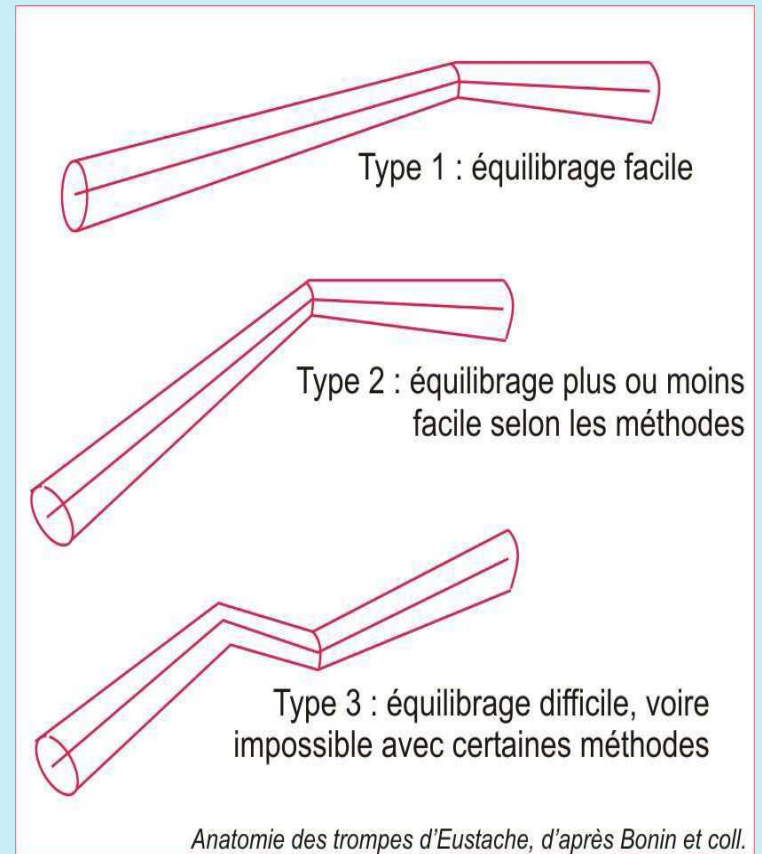
# SCHEMA DE L'OREILLE



# COMPENSATION

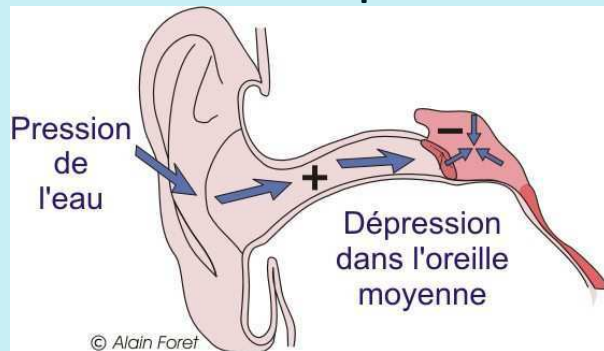
La trompe d'Eustache est un conduit qui relie l'oreille moyenne au pharynx. Ce conduit généralement fermé s'ouvre spontanément toutes les 2 à 3 minutes, et lors de la déglutition, en faisant intervenir les muscles péristaphylins.

Son rôle est d'assurer la ventilation et l'équilibrage de pression dans l'oreille moyenne. Son diamètre est de 1 à 3mm, et peut donc s'obstruer aisément. Les deux trompes ne sont pas obligatoirement du même type (l'une est plus difficile à équilibrer que l'autre).

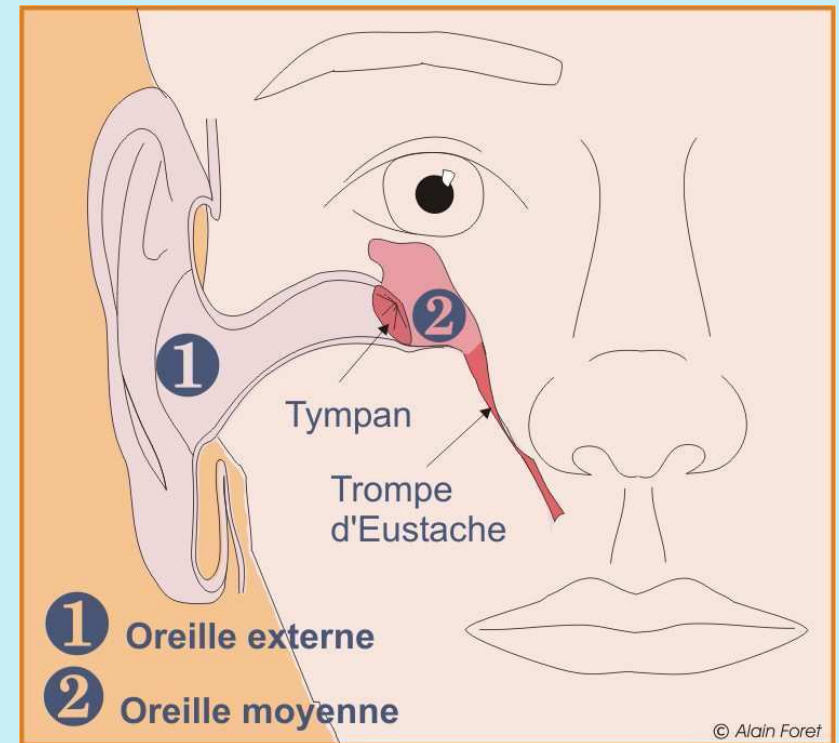
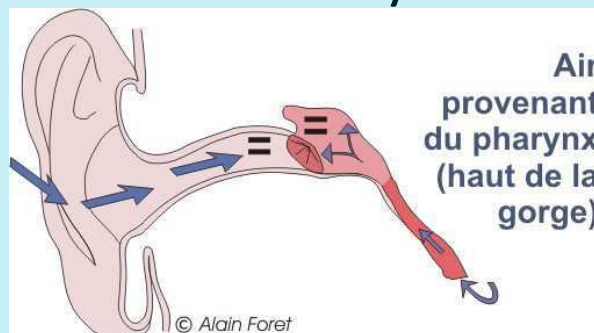


# COMPENSATION

Lors de la descente, l'oreille moyenne subit une dépression.



Pour pouvoir « équilibrer », il faut ouvrir volontairement les trompes d'eustaches à la descente et insuffler de l'air dans l'oreille moyenne.



# COMPENSATION

## Différentes techniques de compensation :

- ★ B.T.V. (Béance Tubulaire Volontaire) : cette technique nécessite la prise de conscience de la position des muscles du voile et du pharynx pendant l'ouverture des trompes d'Eustache.
- ★ FRENTZEL : l'équipression est obtenue en contractant la base de la langue refoulée au maximum vers le haut et en arrière contre le voile du palais, tout en déglutissant.
- ★ VASALVA : réalisée en se pinçant les narines et soufflant par le nez. Cette méthode qui ne doit jamais être effectuée en remontant, présente l'inconvénient d'être brutale et traumatisante pour les tympans.

# LES SINUS

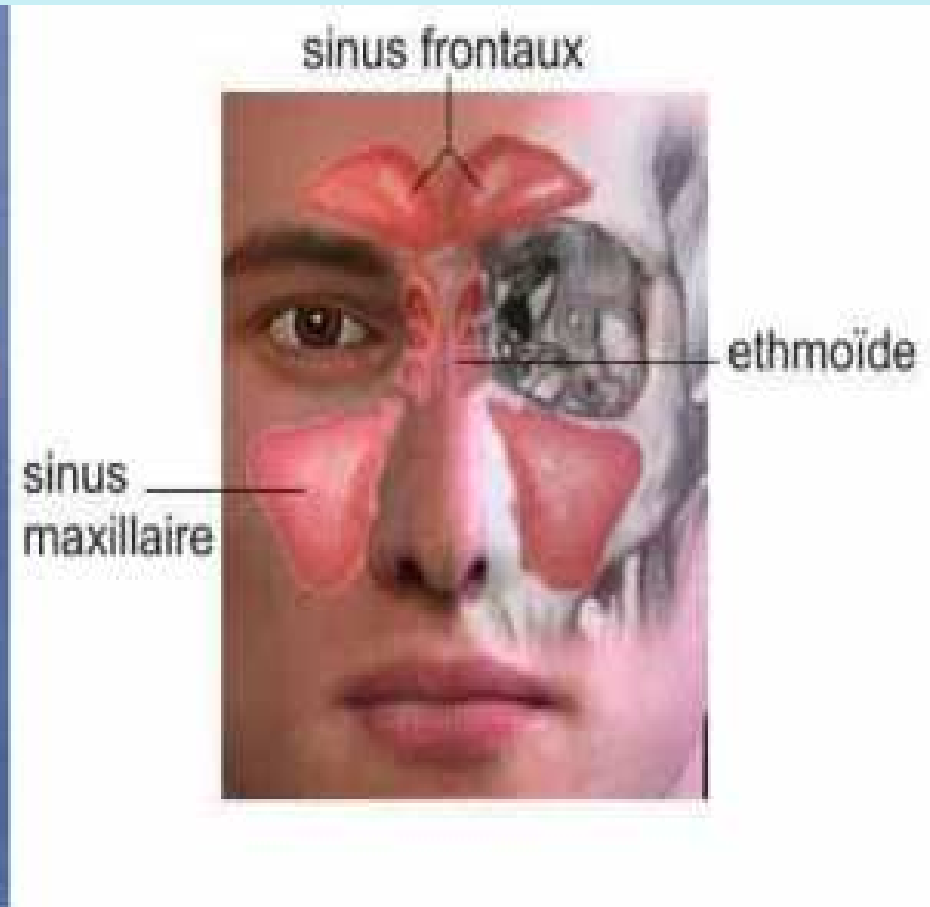
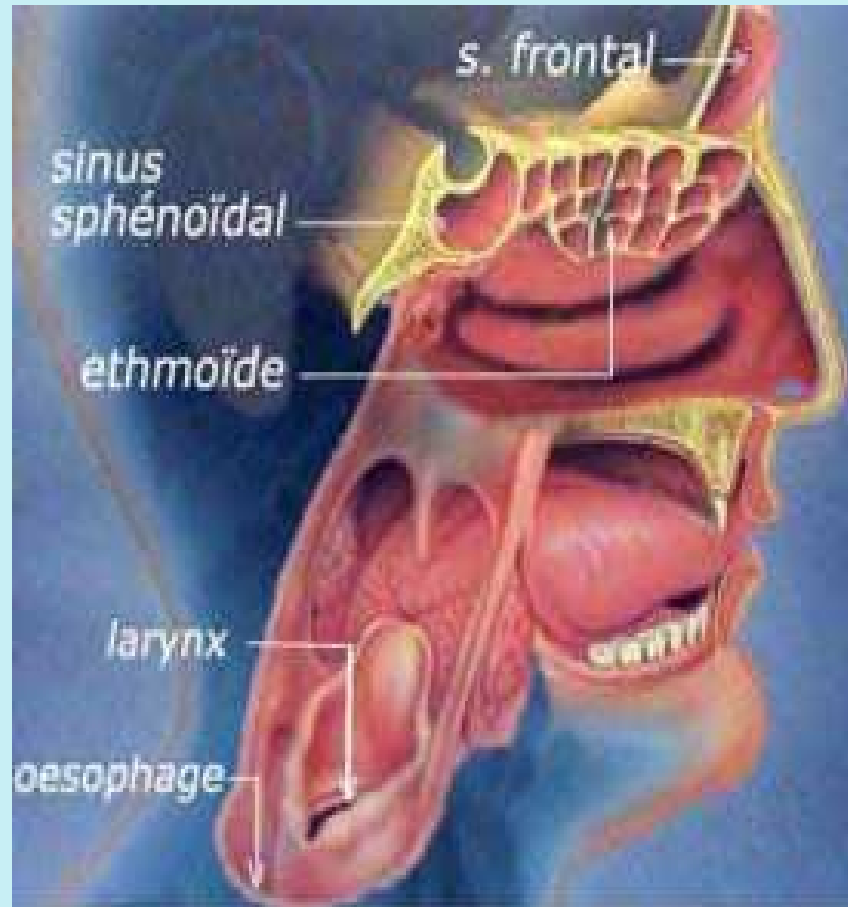
Les sinus sont des cavités de la face reliés par des canaux appelés les ostias qui peuvent se boucher.

Il y a alors différence de pression : négative a la descente et positive à la remontée.

Les muqueuses viennent, soit se décoller, soit s'écraser contre les cavités osseuses des sinus créant des douleurs importantes voir des saignements.

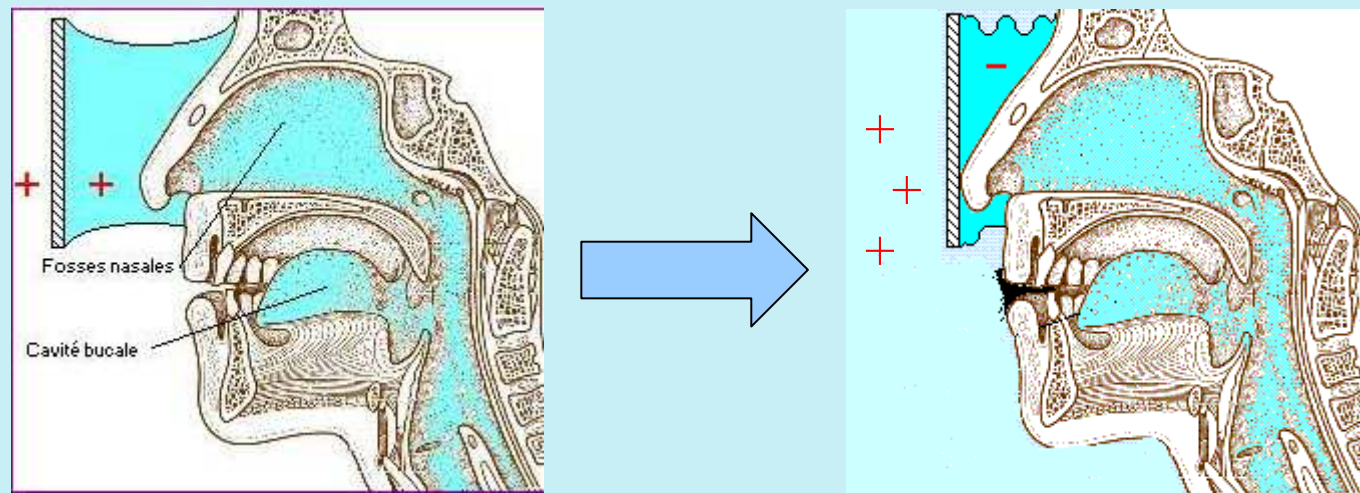


# SCHEMA DES SINUS



# LES YEUX

- Ils sont concernés uniquement par le volume d'air contenu dans le masque.
- A la descente, le volume d'air du masque va diminuer et créer une dépression (placage du masque) ayant un effet de succion sur les yeux et pouvant engendrer l'éclatement des vaisseaux sanguins.



# LES DENTS

Relativement rare, mais cela peut arriver si une fissure ou une carie mal soignée laisse pénétrer de l'air à l'intérieur de la dent.

La vitesse de remontée est très rapide en apnée, l'air ne s'évacue pas assez vite ayant pour effet de créer une douleur très vive ou éventuellement l'éclatement de la dent.



# L'INTESTIN

Les bulles situées à l'intérieur diminuent à la descente sous l'effet de la pression.

Elles peuvent se regrouper pour former des bulles d'un volume égal ou supérieur à l'initial. Cela aura pour conséquence de créer à la remontée un volume bien supérieur à celui du départ donnant de brutales douleurs dans l'intestin.

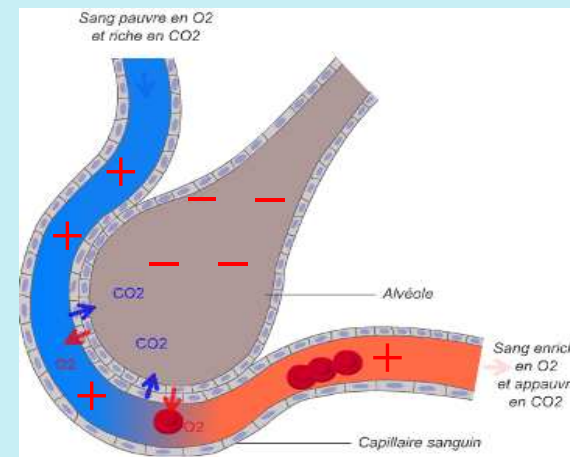


# LES POUMONS

Le volume inspiré avant une plongée en apnée sera tout au long de l'immersion proportionnel à la pression exercée.

A une certaine profondeur, le poumon subit une dépression pouvant créer un oedème aigu pulmonaire (OAP). C'est le liquide plasmatisque qui se diffuse à travers les membranes alvéolo-capillaires.

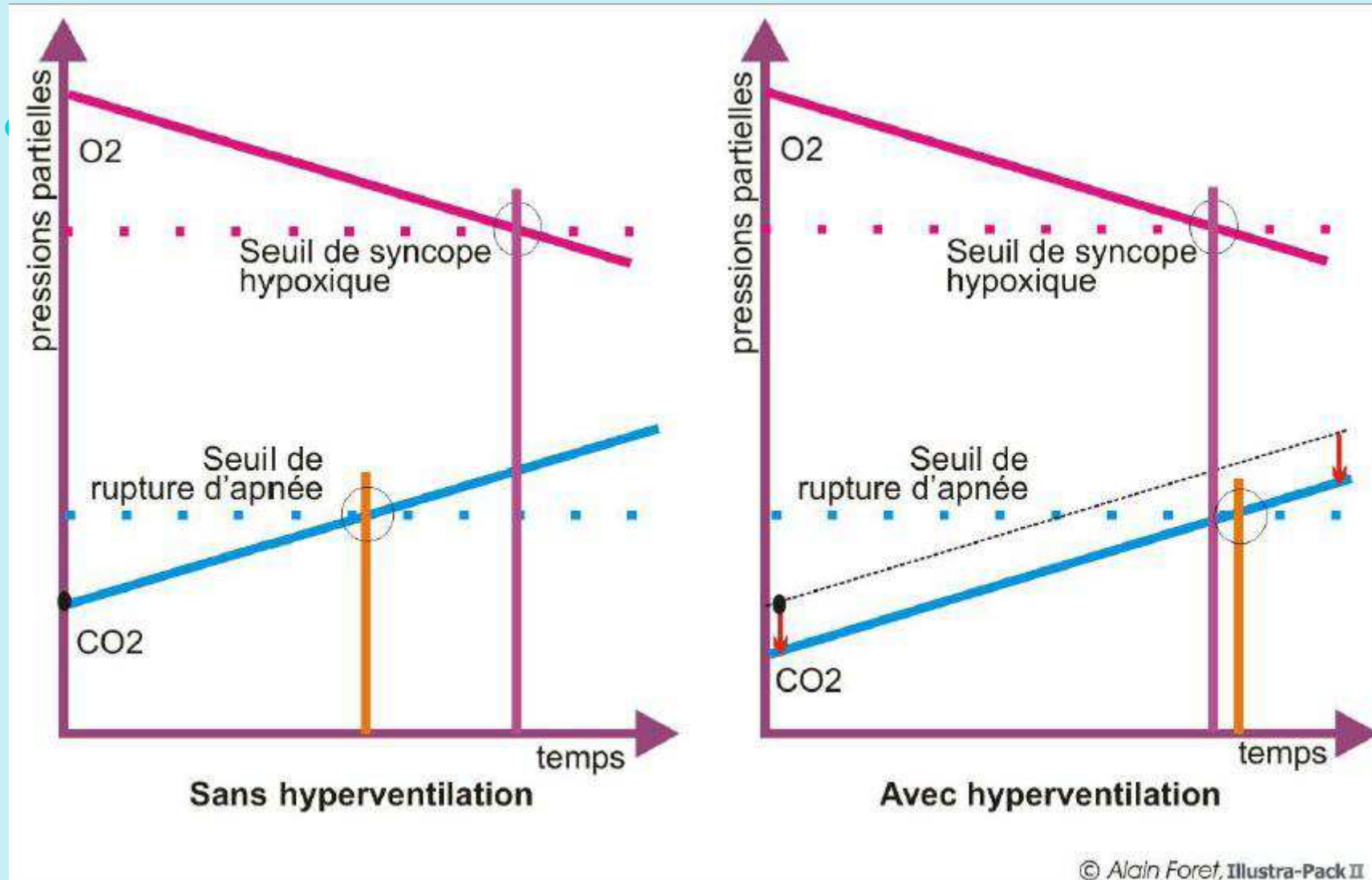
Les symptômes sont des douleurs intra-thoraciques, des crachats sanguins et une détresse respiratoire.

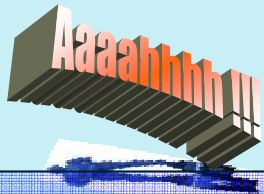


# LES ACCIDENTS BIO-CHIMIQUE

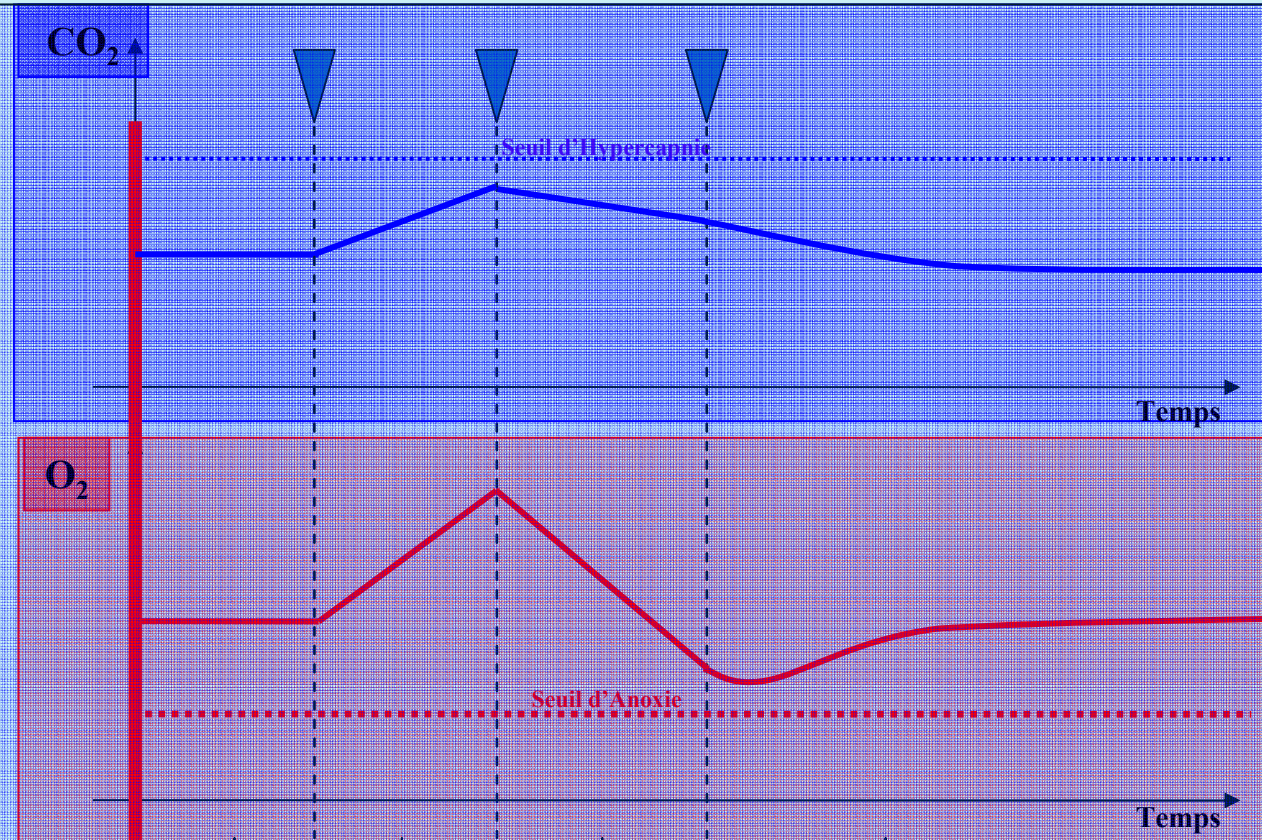
LA PCM - LA SYNCOPE

# ACCIDENTS BIO CHIMIQUE





# Cycle d'une apnée courante

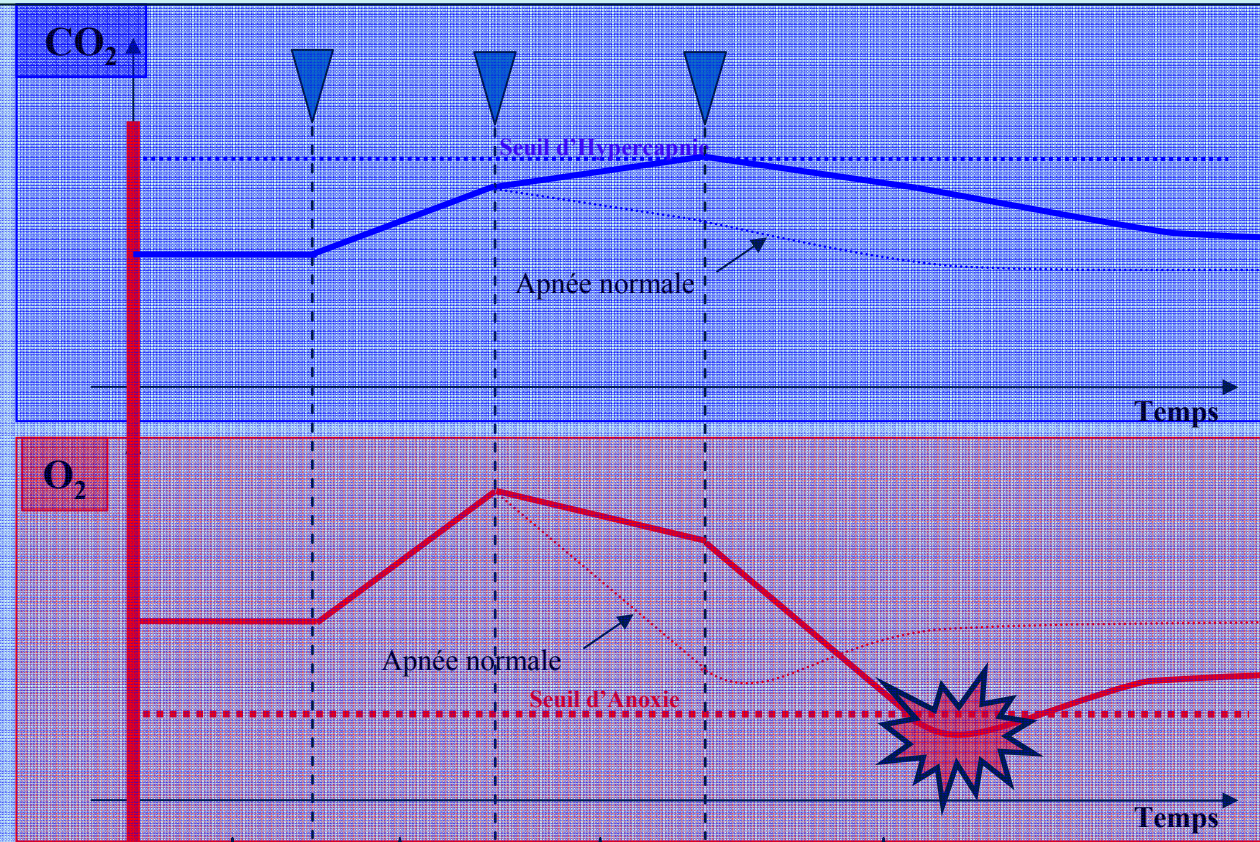


**Ventilation**    **Descente :**    **Remontée :**    **Emersion :**

Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub>    Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub>    Attention pendant 20 s environ, poursuite de la baisse du taux d'O<sub>2</sub> dans l'organisme



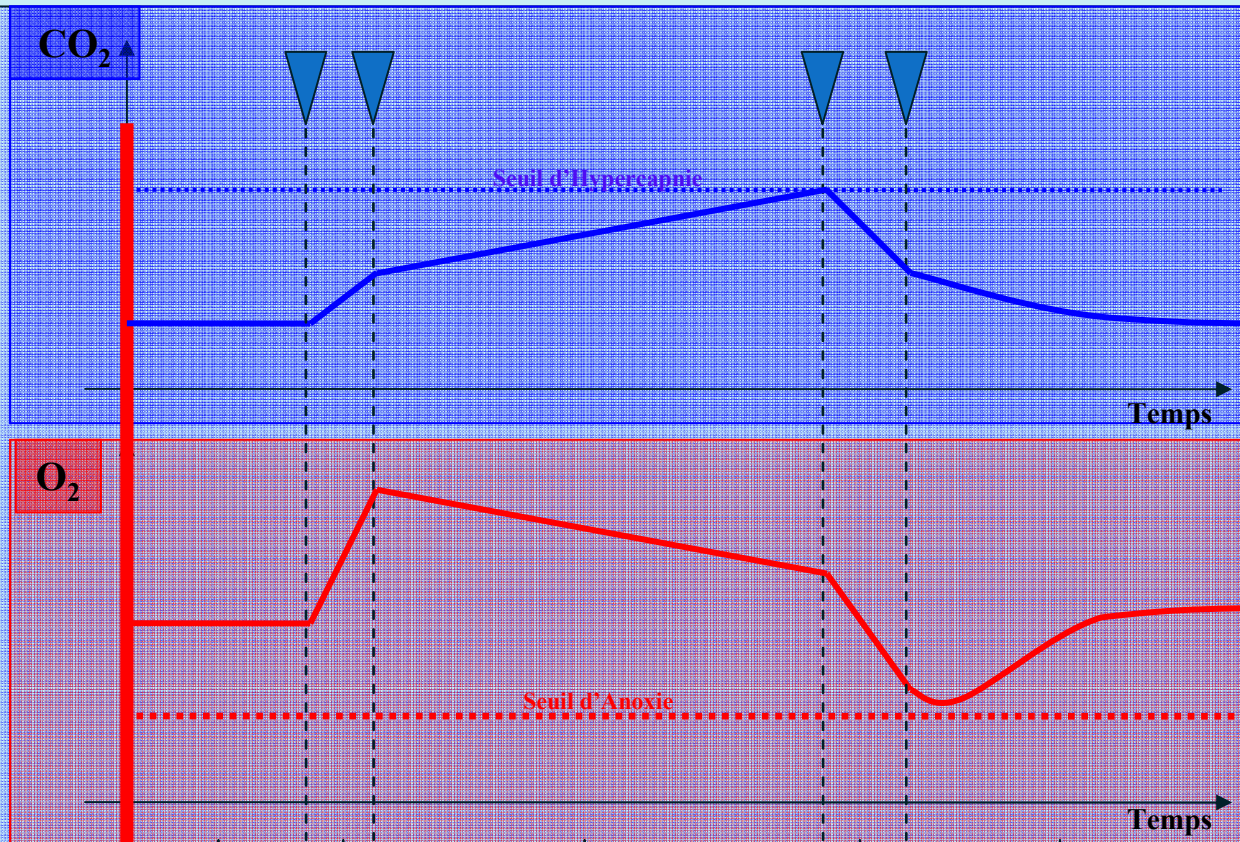
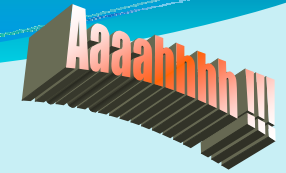
# Apnée avec statique au fond



**Ventilation**    **Descente**    **Apnée statique au fond :**    **Remontée :**  
 Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub>    Consommation d'O<sub>2</sub> et production de CO<sub>2</sub>    Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub>

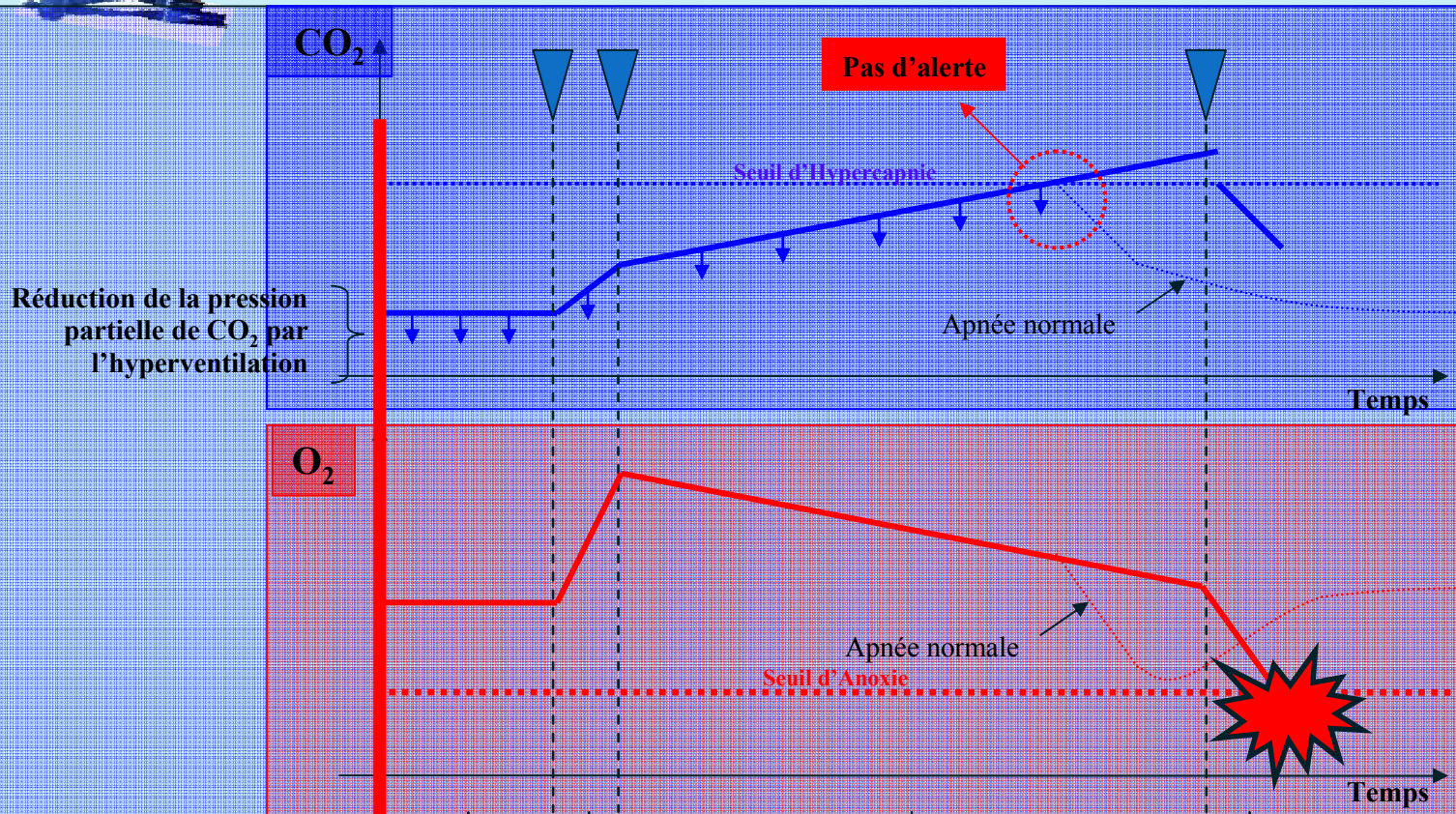
J'ai envie de respirer, je remonte ...

# Apnée avec déplacement au fond



**Ventilation** : Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub>  
**Descente :**  
**Evolution au fond :** Consommation d'O<sub>2</sub> et Production de CO<sub>2</sub>  
**Remontée :** Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub>  
**Emersion :** Attention pendant 20 s environ, puis la baisse du taux de CO<sub>2</sub> dans l'organisme

# Apnée avec hyperventilation



Réduction de la pression partielle de  $CO_2$  par l'hyperventilation

Pas d'alerte

Seuil d'Hypercapnie

Apnée normale

Temps

$O_2$

Apnée normale

Seuil d'Anoxie

Temps

**Ventilation Descente :**  
Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d' $O_2$  et de  $CO_2$

**Evolution au fond :**  
Consommation d' $O_2$   
Production de  $CO_2$

**Remontée :**  
Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d' $O_2$  et de  $CO_2$   
Je me sens bien, je continue ...

J'ai envie de respirer, je remonte ...



# Danger de l'effort en profondeur

La profondeur multiplie les risques, car les seuils hypoxiques et hypercapniques sont liés à la Pp des gaz

Au cours du séjour au fond:

chute progressive de la PpO<sub>2</sub> due à la consommation

augmentation très lente de la PpCO<sub>2</sub> limitée par une dissolution dans l'organisme.

A la remontée, chute des Pa:

PpO<sub>2</sub> pouvant aller sous le seuil syncopal

PpCO<sub>2</sub> augmentant le « confort apnéistique »

**mauvaise attitude (tête regardant la surface)** gêne le passage du sang vers le cerveau

Il faut entamer la remontée avant de ressentir le besoin de respirer, la quasi euphorie due à l'O<sub>2</sub> doit être perçue comme une mise en garde

# Le cas de la syncope à retardement

Certaines syncopes surviennent après le retour à l'air libre (jusqu'à 1mn après la reprise de la respiration)

les capteurs qui déclenchent la syncope se trouvent au niveau du bulbe rachidien

le sang oxygéné par la première goulée d'air a un parcours de plusieurs secondes avant de parvenir au bulbe

si la dette d'oxygène est importante, plusieurs cycles respiratoires peuvent être nécessaires

# La noyade

Inhalation d'eau

l'eau rince le surfactant qui tapisse l'alvéole

l'alvéole ne peut plus permettre les échanges de gaz

un début de noyade, c'est une partie des poumons qui ne fonctionne plus

l'insuffisance respiratoire peut provoquer l'accident après coup

S'il y a eu inhalation => consultation médicale

en cas de syncope, la sortie de l'eau doit être immédiate (avant la reprise de la respiration)

# LES ACCIDENTS BIO-PHYSIQUE

HYPOTERMIE et ADD

# L'HYPOTHERMIE

L'hypothermie est d ue à une eau froide et/ou une immersion trop prolongée ou matériel inadaptée.

La vasoconstriction périphérique ralentit la déperdition de chaleur vers l'extérieur augmentation du débit cardiaque.  
(diurèse)

## 3 différents stades d'hypothermie

- 1) légère (34 à 35 d ) - Frissons, chair de poule, augmentation fréquence cardiaque et pression artérielle
- 2) modérée (34 à 32 d ) – Cyanose, rigidité musculaire, lenteur des mouvements volontaires, hypoventilation, bradycardie, expression orale difficile
- 3) sévère ( < 32 d ) – Trouble de la conscience, diminution de la pupille, véritable coma jusqu'à l'état de mort apparente.



# L'A.D.D. (TARAVANA)

En cas de plongées profondes et répétées de manière rapprochée des bulles peuvent devenir suffisamment nombreuses pour provoquer le « Taravana » accident observé chez les Polynésiens ramasseurs de perles. Ces accidents de décompression en apnée se manifestent par des vertiges, nausées, angoisse qui régressent rapidement pour les formes mineures et/ou par des troubles neurologiques (troubles sensitifs, moteurs ou psychologique...), parfois persistants pour les formes les plus graves.

Pour éviter cet accident, il suffit de respecter un temps de récupération suffisamment important entre deux plongées.

# ADAPTABILITE LIEE AU MILIEU ET A LA PROFONDEUR

La bradycardie

La vasoconstriction

Le blood shift

# LA BRADYCARDIE

Elle commence **dès les premières secondes** de l'immersion pour atteindre son intensité maximale à partir de la vingtième seconde d'immersion. Elle **persiste** pendant tout le séjour au froid et **n'est pas modifiée par l'exercice musculaire** sous l'eau (des efforts musculaires intense peuvent en diminuer l'intensité). L'intensité de la bradycardie est **indépendante de la profondeur atteinte** ; l'intensité de la bradycardie est **variable d'un sujet à l'autre** mais demeure à peu près identique d'une plongée à l'autre dans les mêmes conditions (25-30% de ralentissement). Les bradycardies les plus prononcées sont le fait des sujets jeunes entraînés, peu émotifs, pratiquant l'apnée SANS efforts musculaires et SANS Valsalva.

Elle **se termine à l'émergence** dès la reprise de la ventilation et elle est alors suivie d'une tachycardie transitoire.

# LA VASOCONSTRICTION

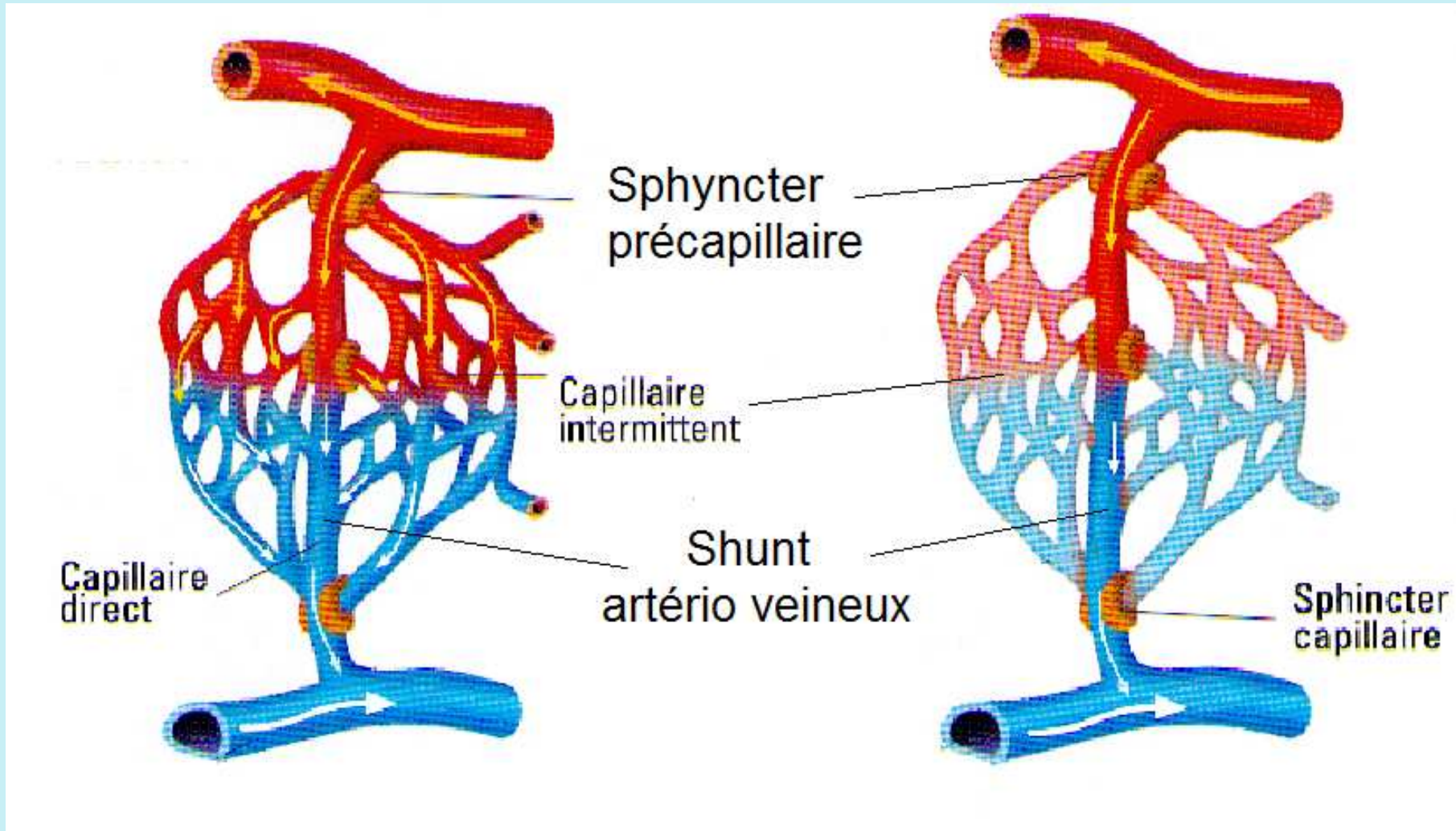
La vasoconstriction musculaire et cutanée observée au cours de l'apnée a un double intérêt :

Le maintien de la pression artérielle, qui augmente même progressivement au cours de l'apnée (jusqu'à 20 % de sa valeur initiale). La vasoconstriction compense donc la bradycardie .

Privilégier les organes « nobles » : la restriction de la circulation du sang dans les organes périphériques résistant bien et longtemps à l'asphyxie (muscles, peau, rate), permet de réserver les bénéfices d'une circulation normale aux organes nobles (cerveau, cœur, poumons) ;

*Au total, la bradycardie et la vasoconstriction sont regroupées sous le terme de « Diving response », dont le principal but est de protéger les organes nobles de l'hypoxie*

# LA VASOCONSTRICTION



# LE BLOOD SHIFT

A partir d'une certaine profondeur :

Augmentation de la pression à la descente et diminution du volume pulmonaire (loi de Boyle-Mariotte). Lorsque le thorax ne peut plus réduire de volume, le volume pulmonaire est alors égal au volume résiduel.

A partir de cette profondeur, la pression intrathoracique devient négative par rapport à l'ambiance aquatique. Le sang présent dans les gros vaisseaux et les capillaires pulmonaires est alors aspiré puis retenu dans la circulation pulmonaire, remplissant ainsi le vide thoracique naissant. Ce phénomène contribue à rigidifier le poumon, ce qui va lui permettre de supporter des pressions encore plus importantes.

Cela risque néanmoins de provoquer des lésions de vaisseaux intrapulmonaires avec des hémorragies ou un oedème pulmonaire.

# REGLES DE SECURITE DE LA PLONGEE EN APNEE

Ces règles sont la conclusion logique de la physiopathologie étudiée dans les pages précédentes :

- Ne pas hyper ventiler : Afin de prévenir l'apparition de la perte de connaissance anoxique.
- Proscrire la règle du tiers temps : trop subjective pour permettre de supprimer le risque de perte de connaissance anoxique.
- Ne pas prolonger exagérément les temps d'apnée : les risques d'accidents anoxiques en arrivant au voisinage de la surface croissent démesurément avec l'augmentation de durée de l'apnée, surtout si la profondeur atteinte dépasse une dizaine de mètres.
- Limiter les efforts musculaires : pour prévenir les risques liés à l'hypercapnie et à l'anoxie.
- Adapter son lest : il ne doit pas être trop handicapant pour la remontée (équilibré entre 5 et 7 m => flottabilité positive en surface).
- Plonger à deux : les deux coéquipiers doivent avoir le même niveau et plonger alternativement le binôme doit être capable physiquement et techniquement d'aller chercher son coéquipier si problème.
- Limiter la durée du séjour dans l'eau : afin de limiter les risques dus au froid et à la fatigue.
- Pas plus de 6 à 8 plongées par heure : afin de récupérer suffisamment pour ne pas s'exposer aux risques de l'hypercapnie lente et de prévenir les accidents de décompression en cas de plongées profondes.
- Eviter d'expirer en force après une apnée importante !!!
- Pas d'apnée statique au fond. Et éviter de réaliser des contractions diaphragmatiques au fond
- Ne pas plonger sans être en forme ou en étant enrhumé.
- Ne pas pratiquer la plongée en apnée après une plongée en bouteille : au cours de la même journée.