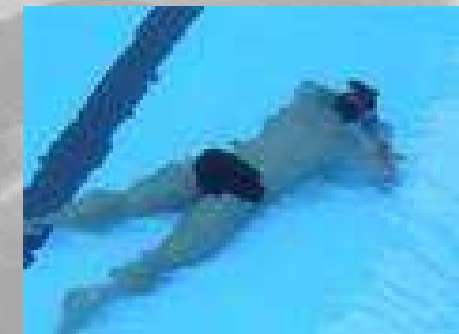
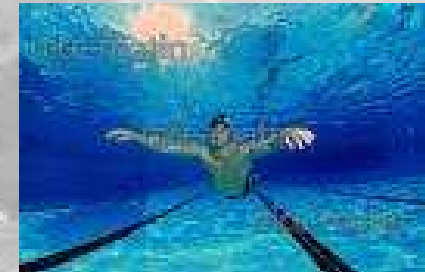




Formation théorique Apnée N3 et N4



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2



Formation théorique Apnée N 3 et N4

Sommaire:

- Rappels de Physique
- Anatomie, Physiologie et Accidents
- Adaptabilité au milieu naturel
- Règles de sécurité



Objectif :

- formation compétence N°5 théorique du MFA



Justification:

- Connaissance indispensable afin d'appréhender l'autonomie en profondeur en toute sécurité.



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2



Rappel de Physique



Flottabilité (Archimède)

Définition :

Tout corps plongé dans un liquide subit une poussée dirigée du bas vers le haut , égale au poids du volume d'eau déplacée.

Poids apparent = Poids réel - poussée d'Archimède

Poussée Archimède = volume en dcm³ x densité de l'eau

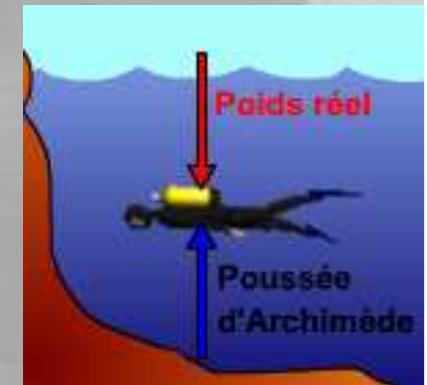
D'où l'importance de bien savoir se lester en fonction de:

la salinité de l'eau.

la profondeur.

le matériel.

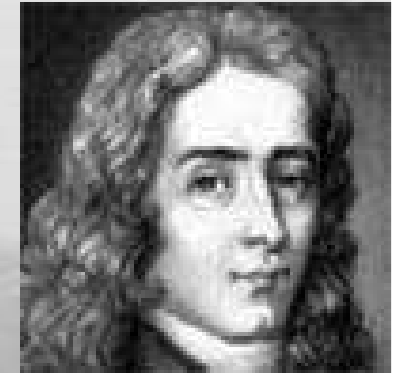
La discipline pratiquée. (exploration, poids constant ou gueuse...)



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2

Rappel de Physique

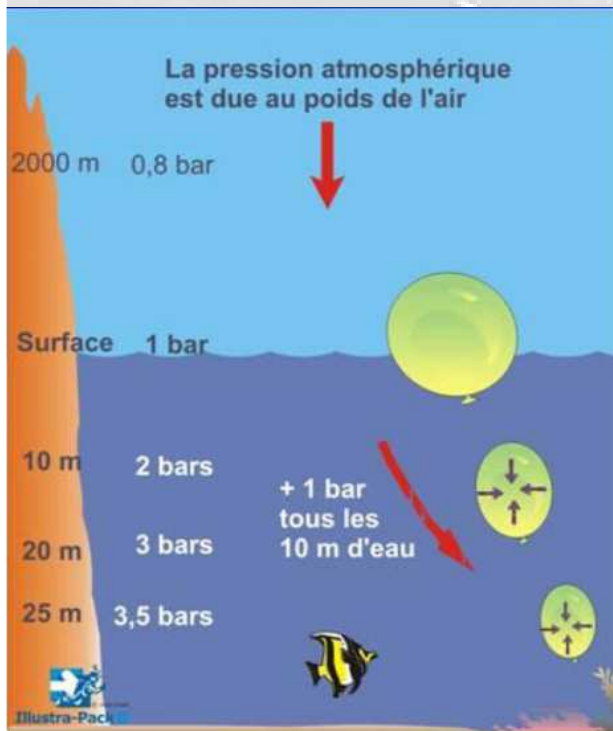
Effet de la pression sur les gaz (Mariotte)



Variation des volumes:

diminution d'un volume gazeux avec la pression

La cause des accident Biomécaniques



Exemple : Un ballon de 6 litres en surface fera quel volume si on l'immerge à 20 mètres?

$$P1 \times V1 = P2 \times V2$$

$$3 \text{ bar} \times ? = 1 \times 6$$

$$6/3 = 2 \text{ litres}$$

$$\text{À } 30 \text{ m} = 6/4 = 1,5 \text{ l}$$



Pression x volume = constante

Rappel de Physique

Effet des gaz à une certaine pression partielle (loi de Dalton)

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

Loi de Dalton : la cause des accidents biochimiques.

O₂ dans le sang = Normoxie 0,21 b

Hypoxie 0,17 à 0,12 b → PCM/ Syncope

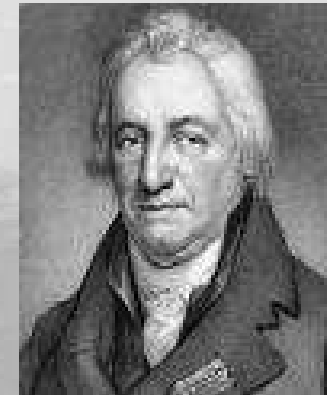
Anoxie – de 0,12 b → Mort

CO₂ dans le sang = Normocapnie 0,05 b → Ok

Hypercapnie + de 0,06 b → Essoufflement

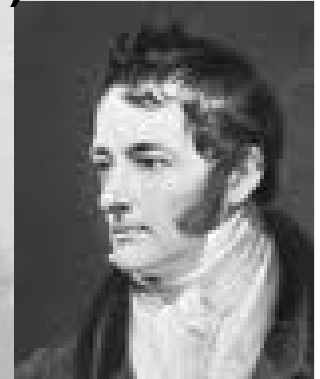
La quantité d'oxygène disponible augmente avec la pression, c'est pourquoi on se sent bien au fond.

Par contre lorsqu'on remonte cet oxygène disponible chute rapidement avec la baisse de pression et peut conduire à une syncope à l'approche de la surface.

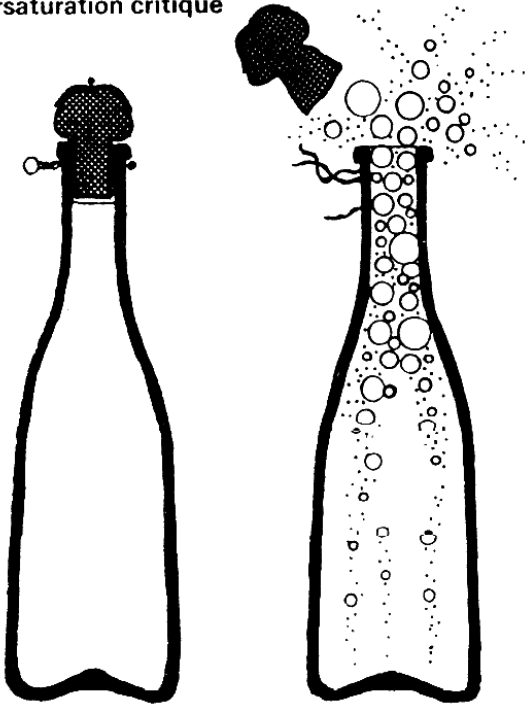


Rappel de Physique

Dissolution des gaz dans les liquides (La loi de Henry)



sursaturation critique



A température constante et à saturation, la quantité de gaz dissout dans un liquide est proportionnelle à la pression qu'exerce ce gaz sur le liquide.

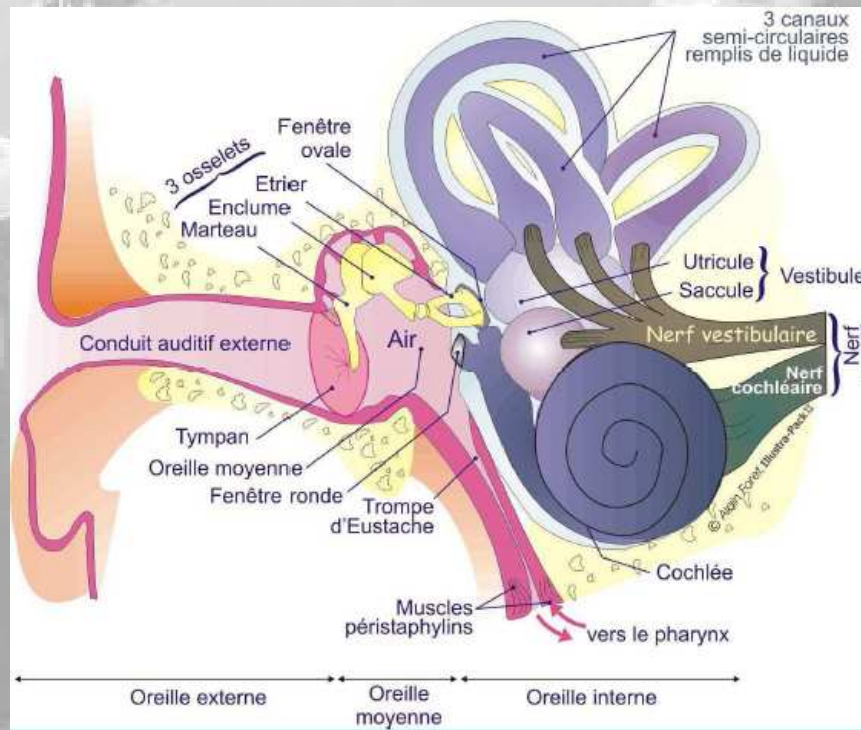
Loi de Henry : la cause des accidents biophysiques.

N₂ dissolution dans le tissus : ADD ou TARAVANA

Les accidents Biomécaniques

Anatomie et physiologie de l'oreille

L'**oreille** est l'organe qui sert à capter le son et est donc le siège du sens de l'ouïe, mais elle joue également un rôle important dans l'équilibre



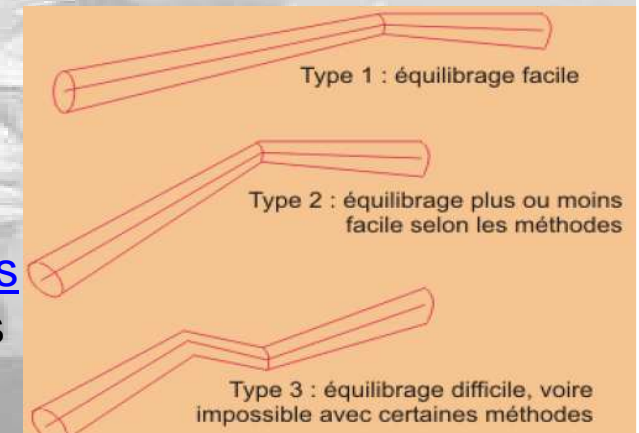
Les accidents Biomécaniques

Anatomie et physiologie de la trompe d'Eustache

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 peut être plus difficile à équilibrer que l'autre)

La trompe d'Eustache remplit plusieurs fonctions :

- ✓ une fonction mécanique, sa fermeture empêche l'introduction d'agents pathogènes, de sécrétions nasales dans l'oreille moyenne, mais également l'arrivée de sons vocaux directement dans cette cavité.
- ✓ une fonction d'évacuation des corps gênants de l'oreille moyenne.
- ✓ une fonction d'équilibration des pressions reflexe ou volontaire de chaque côté du tympan pour éviter sa rupture en cas différence de pression entre le milieu extérieur et l'oreille moyenne.



Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

Les oreilles

Il existe deux types de traumatisme :

- déséquilibre de pression entre l'oreille moyenne et la pression ambiante (généralement à la descente) : déformation du tympan jusqu'à sa limite d'élasticité, puis fissuration ou rupture du tympan. **Le plus fréquent des barotraumatismes 1 à 2% des plongées.**
- différence de pression entre les oreilles moyennes gauche et droite : perturbation de la sensation d'équilibre, nausées (à la descente ou à la remontée). **10 fois moins fréquent.**



Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

Les oreilles

Symptômes:

De la gêne à la douleur

Perte de l'équilibre.

Douleur violente si perforation du tympan



Traitement:

Ne pas forcer

Ne pas insister

Arrêt de l'activité

Consulter un médecin



Prévention :

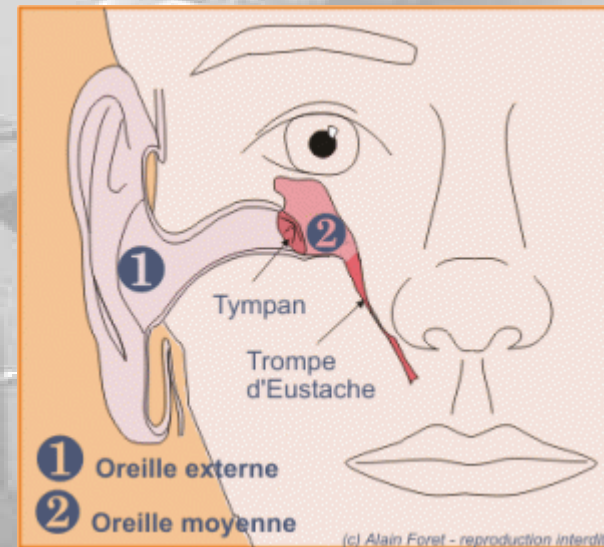
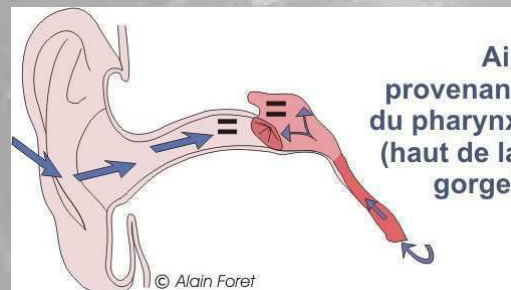
Apprentissage et maîtrise des techniques de compensation

Pas de mise à l'eau en cas de rhume ou de congestion

Les accidents Biomécaniques

La compensation (manœuvre de prévention des risques liés aux oreilles)

En plongée ou Apnée, la compensation est l'action de rééquilibrage des pressions de part et d'autre du tympan quand celles-ci, celle de l'eau dans l'oreille externe et celle de l'air dans l'oreille moyenne, ne sont pas égales en raison de la variation de profondeur.





Les accidents Biomécaniques

La compensation (manœuvre de prévention des risques liés aux oreilles)

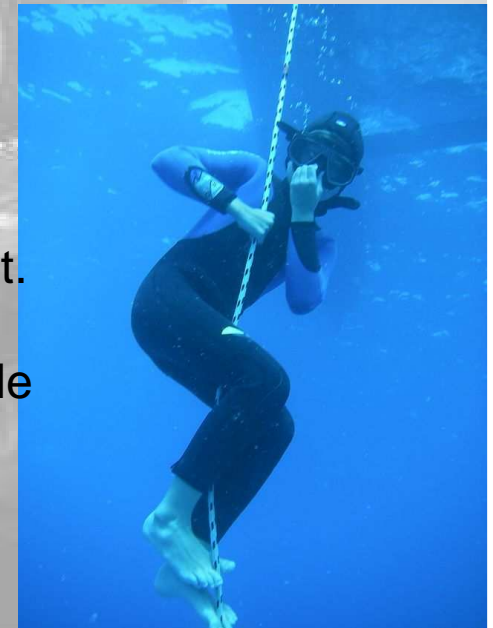
Plusieurs techniques permettent la compensation, dont les plus courantes sont les manœuvres de :

B.T.V. (Béance Tubulaire Volontaire) : cette technique nécessite la prise de conscience de la position des muscles du voile du palais et du pharynx pour l'ouverture des trompes d'Eustache.

FRENZEL : l'équilibration des pressions 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.

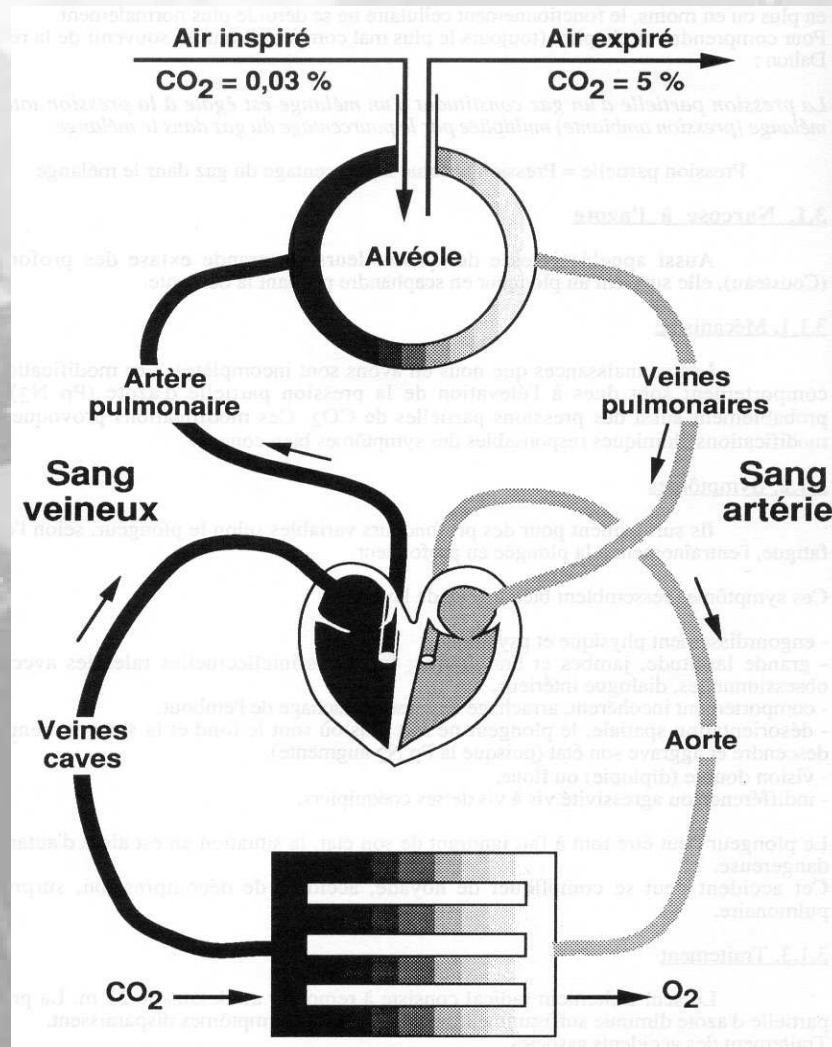
VALSALVA : réalisée en se pinçant les narines et soufflant par le nez.

Cette méthode qui ne doit jamais être effectuée en remontant, présente l'inconvénient d'être brutale et traumatisante pour les tympans.



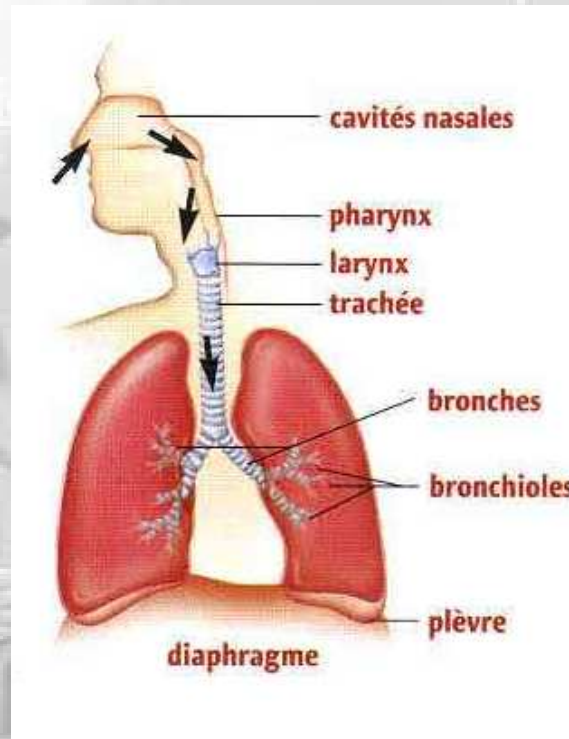
Les accidents Biomécaniques

Rappel de la circulation sanguine



Les accidents Biomécaniques

Anatomie et physiologie de l'appareil respiratoire

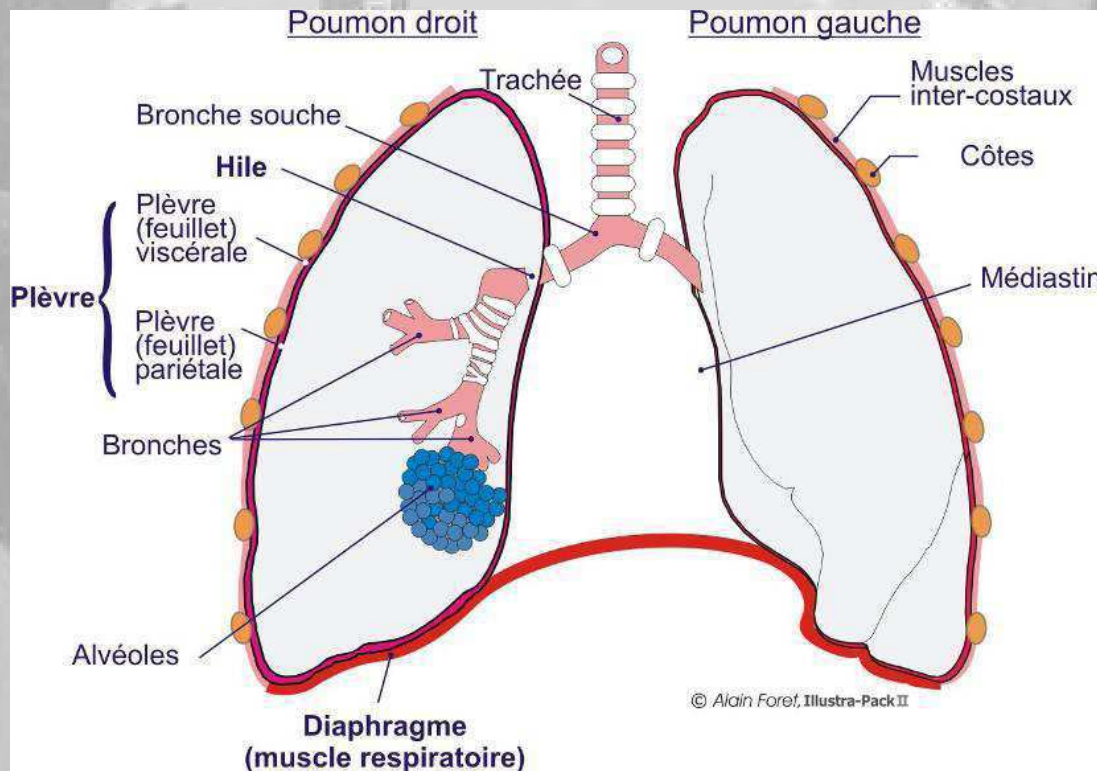


L'**appareil respiratoire** permet un échange gazeux entre le sang et l'air atmosphérique. Il fournit au sang l'oxygène dont le corps a besoin et il expulse les déchets gazeux de l'activité tel que le CO₂ (dioxyde de carbone).

Les accidents Biomécaniques

Anatomie et physiologie des poumons

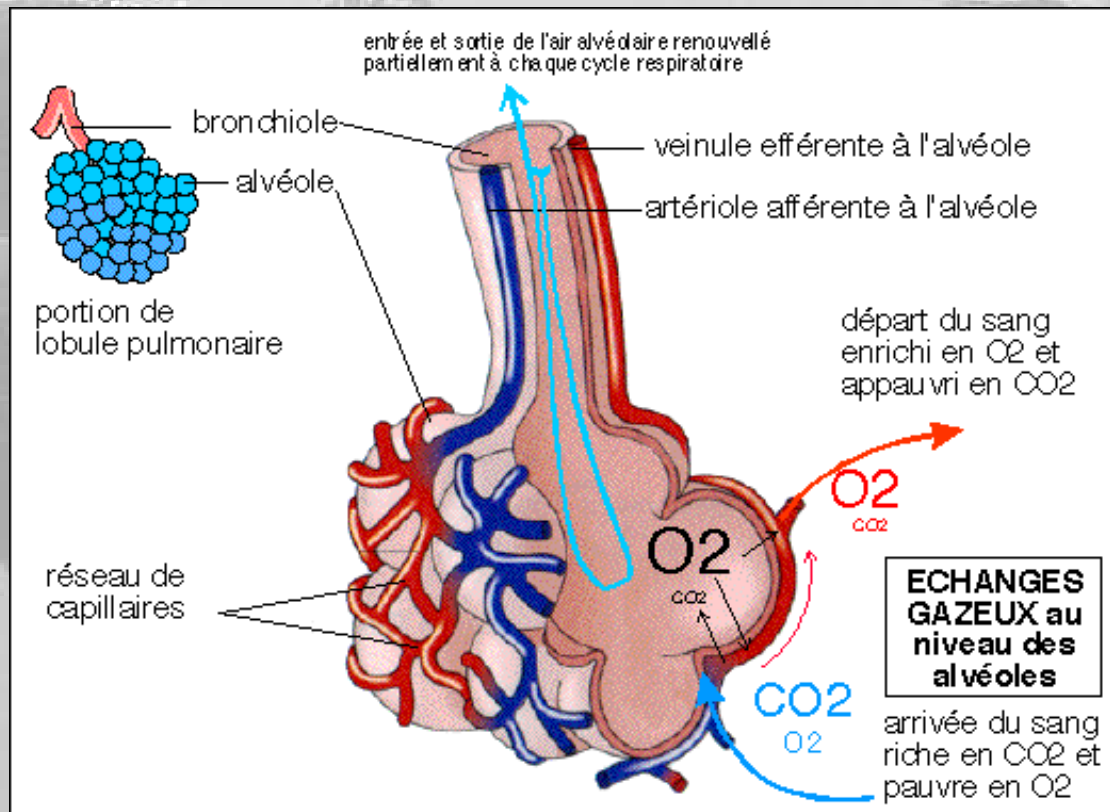
Les poumons sont les organes contenus dans le thorax jouant un rôle fondamental dans la respiration en permettant les échanges gazeux. Le poumon droit et le poumon gauche, dont un seul suffit à assurer une vie presque normale, fournissent l'oxygène à l'ensemble de l'organisme et permettent l'élimination du gaz carbonique contenu dans le sang.



Les accidents Biomécaniques

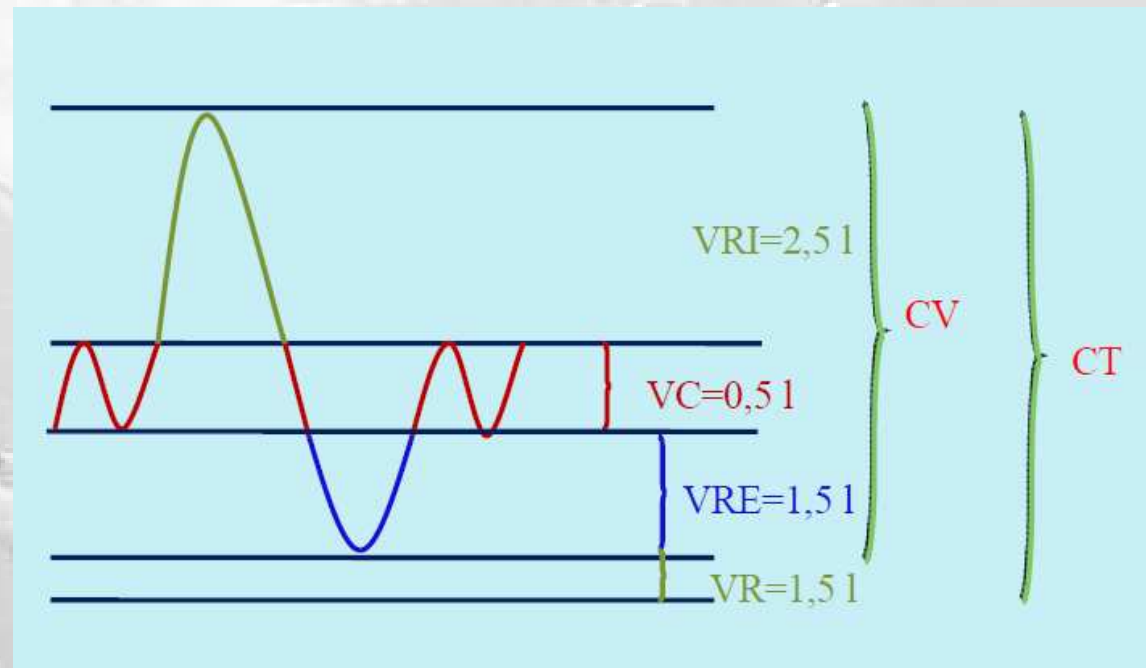
Physiologie : Les échanges Gazeux

Les échanges gazeux se font à travers la paroi alvéolaire par diffusion des gaz. L'O₂ contenue dans l'air inspiré passe dans la circulation veineuse pulmonaire pour arriver au cœur. Le CO₂ contenu dans le sang artériel pulmonaire, passe dans l'air expiré.



Les accidents Biomécaniques

Rappel physiologique: Capacité Pulmonaire



Volume courant VC : Volume mobilisé à chaque cycle respiratoire pendant une respiration normale.

Volume de réserve inspiratoire VRI : Volume maximum pouvant être inspiré en plus du VC à l'occasion d'une inspiration profonde.

Volume de réserve expiratoire VRE : Volume maximum pouvant être rejeté en plus du volume courant à l'occasion d'une expiration profonde.

Capacité vitale CV : somme des trois volumes précédents, représente le volume d'air total que les poumons peuvent mobiliser.

Volume résiduel VR : Volume d'air se trouvant dans les poumons à la fin d'une expiration forcée. Autrement dit qu'il est impossible d'expirer

Les accidents Biomécaniques

Œdème Aigu Pulmonaire

OAP

C'est l'inondation des alvéoles pulmonaires par le plasma provenant d'une augmentation de la pression capillaire pulmonaire ou par l'altération de la membrane alvéolo capillaire.

Causes :

A partir de 30 m, on a un afflux de sang dans la circulation pulmonaire en raison de la dépression intra thoracique (1l)(Blood shift voir plus loin)
Des lésions d'hyperpression alvéolaires (carpe)
Existence de lésions préexistantes alvéolo capillaires ?

Symptômes:

Des douleurs intra-thoraciques une détresse respiratoire et des crachats sanguins.

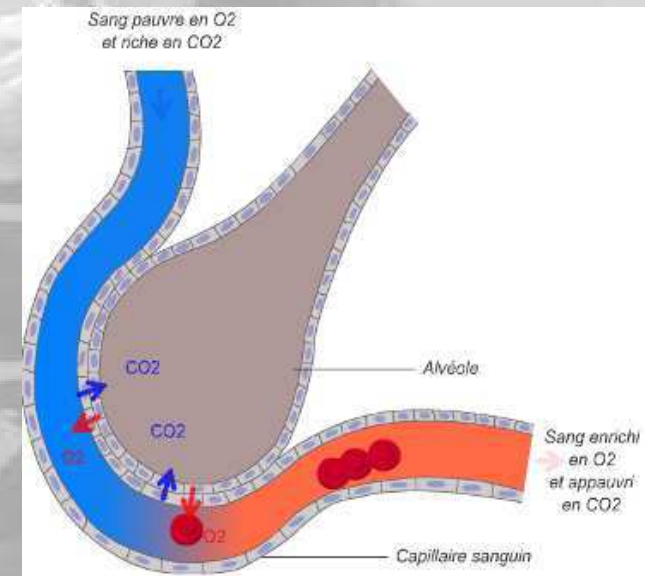
Traitement:

oxygénation à fort débit, position assise
Consulter un Médecin d'URGENCE

Prévention :

Progressivité dans la Profondeur.

Accident rare en apnée





Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

La surpression Pulmonaire

Risque faible sauf si prise d'air au fond avec un plongeur.

Prévention :

Ne jamais accepter d'air d'un plongeur, de respirer dans une grotte immergée ou d'une poche d'air.

Si tel est le cas : souffler impérativement à la remontée.

Risque Mortel



Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

Les sinus

Le conduit d'écoulement peut être obstrué par une infection de la muqueuse ou une malformation.

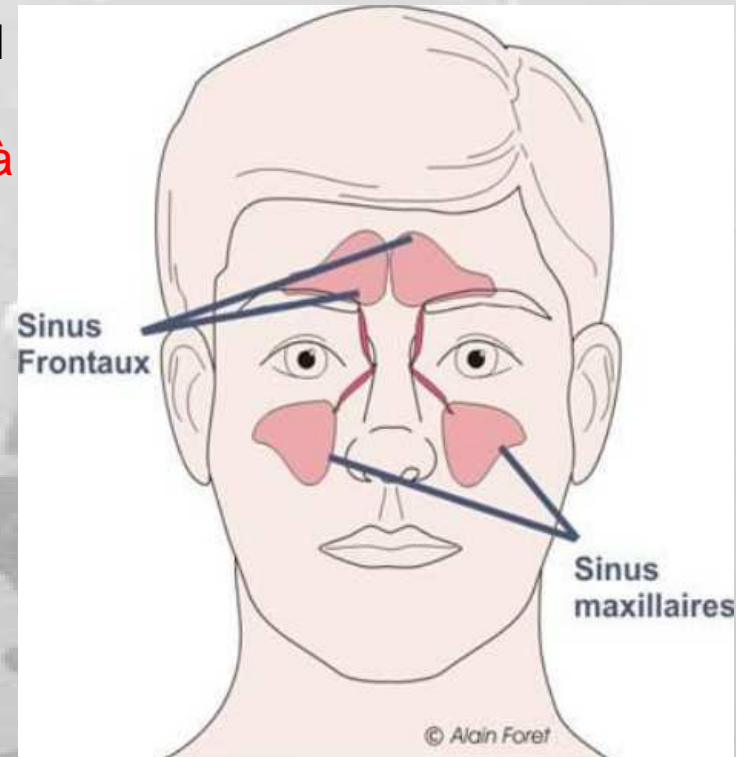
- Le plus fréquent des barotraumatismes 1 à 2% des plongées.

Symptômes:
Douleur aigüe
Saignements

Traitement:
Arrêt de l'activité
Consulter un médecin

Prévention :

- Pas de mise à l'eau en cas de rhume
- Ne jamais forcer
- Attention aux produits décongestionnants !!!





Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

Le plaquage du masque

Barotraumatisme uniquement concerné par le volume d'air contenu dans le masque.

A la descente, le volume d'air du masque va diminuer et créer une dépression (plaquage du masque) ayant un effet de succion sur les yeux et pouvant engendrer l'éclatement des vaisseaux sanguins.



Symptômes:

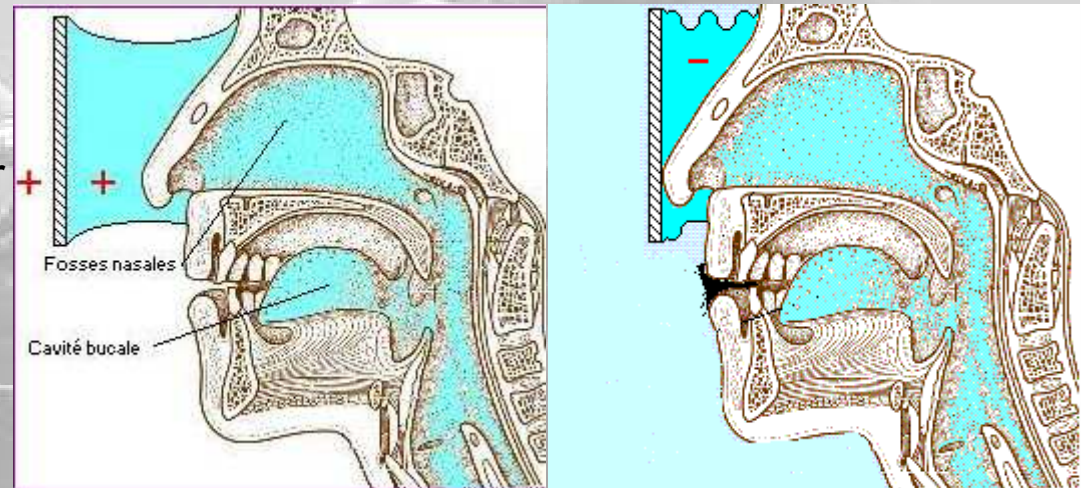
Sensation de visage aspiré

Yeux rouges ou œil au beurre noir

Traitement:

Arrêt de l'activité

Consulter un médecin



Prévention :

Souffler par le nez régulièrement en fonction de la profondeur



Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

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.

Symptômes:

Dent éclatée ,douleur violente, saignement.

Traitement:

Consulter un dentiste

Prévention :

Une visite chez le dentiste régulière

Surveillance rapprochée risque de syncope due à la douleur.





Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

Les Intestins

Les gaz (fermentation intestinale ou air ingéré durant la plongée dans l'estomac) peuvent être emprisonnés dans les intestins sans pouvoir assurer leur variation de volume durant la remontée.

Symptômes:

Brutale douleur, sensation de ventre gonflé.

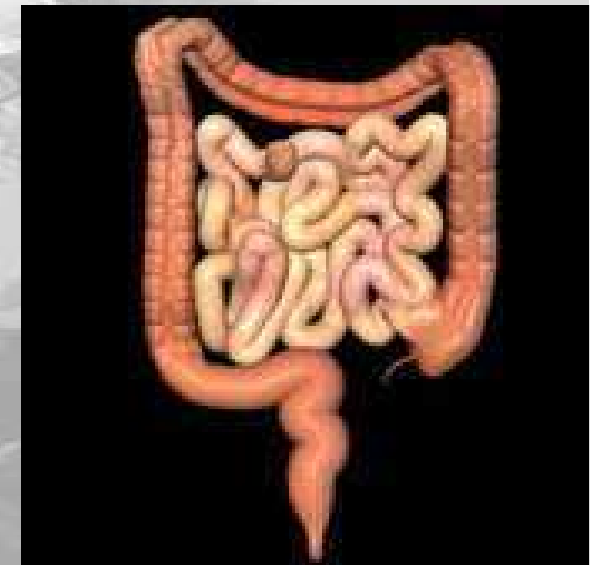
Traitement:

Eventuellement Consulter un Médecin

Malgré notre respect pour l'environnement , faire comme les pétroliers : dégazer.

Prévention :

Il faut éviter les aliments et boissons générateurs de gaz intestinaux (choux, flageolets ,boissons gazeuses ...)



Les accidents Biomécaniques

Les Barotraumatismes

Fréquence des Risques Barotraumatiques	Oreilles	Sinus	Dents	Intestin	Poumon OAP	Poumon surpression pulmonaire
Fréquent	X	X				
Peu fréquent				X		
Rare			X		X	X

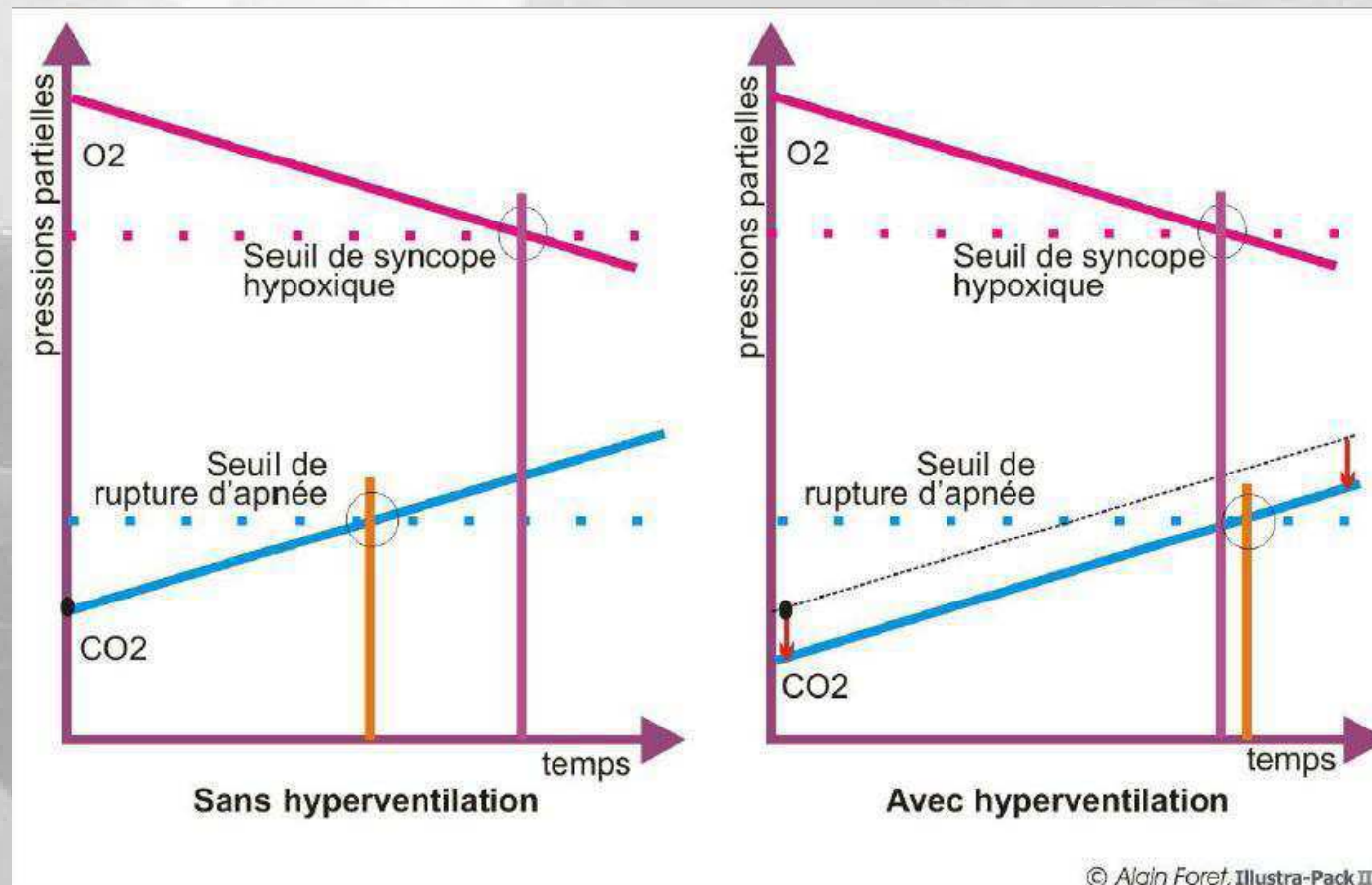


Les Accidents Biochimiques

Petit rappel de définitions.

- Respiration : échanges gazeux assurés par la ventilation pulmonaire.
- Ventilation : phénomène qui permet les mouvements de l'air dans les voies aériennes.
- Apnée : arrêt volontaire de la ventilation, on stocke du O_2 qui → et du CO_2 qui ↗

Les Accidents Biochimiques Apnée et Hyperventilation





Les Accidents Biochimiques

La PCM

Etape ultime avant la Syncope

Le seuil d'O₂ de l'état de syncope n'est pas atteint , mais très proche.
La fonction motrice est affectée (avec des convulsions incontrôlables)

Symptômes:

Lèvres bleues , visage gris ou blanc , regard vide ,
tremblements , plus de réaction aux stimuli.

Traitement :

Intervention immédiate pour sortir la victime de l'eau.
En surface, enlever le masque et faire deux insufflations
nasales puis vérifier l' état de conscience.

Prévention :

Pas d'hyperventilation, ne pas forcer , pas de statique au fond ,
remonter menton rentré, remonter avant de ressentir le besoin de
respirer.





Les Accidents Biochimiques

La Syncope (état d'inconscience)

Si la quantité d'O₂ atteint un niveau trop bas : **C'est la syncope.**
L'organisme se met en veille afin de protéger les organes vitaux
La consommation d'oxygène continue et la reprise ventilatoire est proche.
Risque Majoré en apnée dynamique ou verticale (fin de phase de remontée).

Symptômes :

Gros lâché de bulles, inconscience , plus de réaction.



Traitement :

Intervention immédiate pour sortir la victime de l'eau.
En surface, enlever le masque et faire deux insufflations nasales puis vérifier son état de conscience.
Donner l'alerte et mettre sous O₂ (impératif).

Prévention (idem PCM) :

**Pas d' hyperventilation, ne pas forcer , pas de statique au fond ,
remonter menton rentré, remonter avant de ressentir le besoin de respirer.**



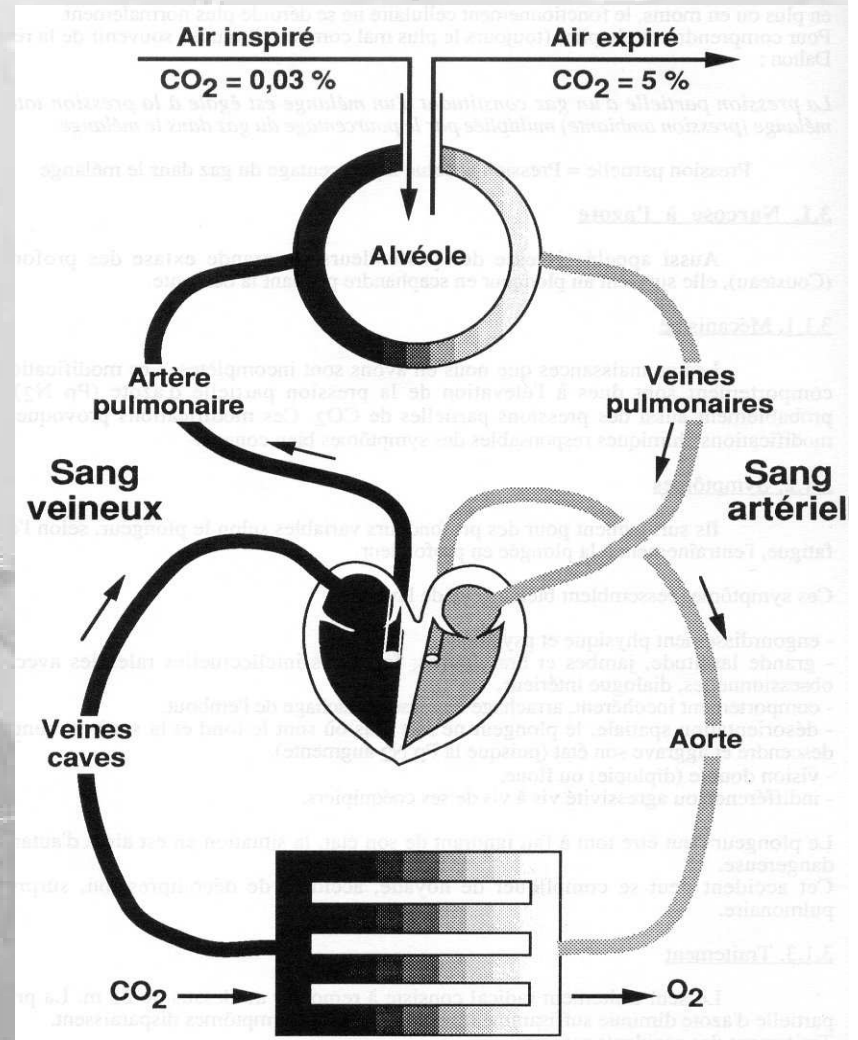
LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2

Les Accidents Biochimiques

La Syncope (état d'inconscience)

Le cas de la syncope à retardement

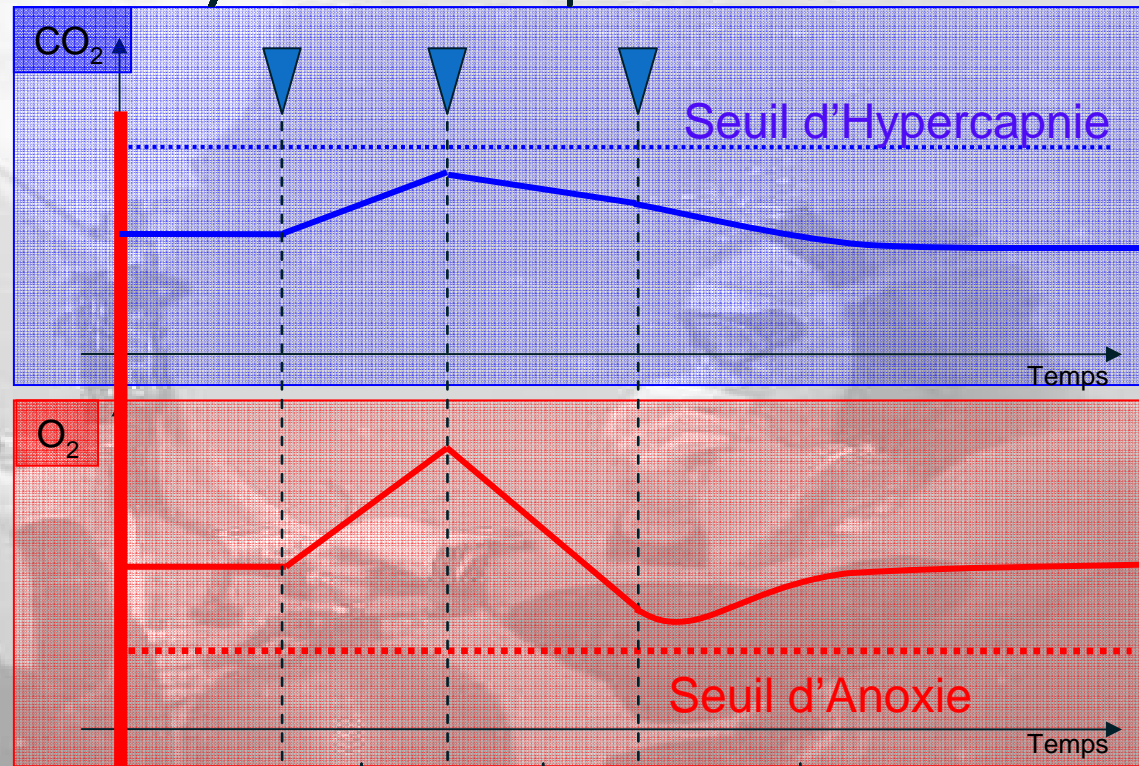
Certaines syncopes surviennent après le retour à l'air libre (jusqu'à 1mn après la reprise de la respiration)
 les capteurs qui déclenchent la syncope se trouvent au niveau du bulbe rachidien
 le sang oxygéné par la première goulée d'air a un parcours de plusieurs secondes avant de parvenir au bulbe si la dette d'oxygène est importante, plusieurs cycles respiratoires peuvent être nécessaires.





Les Accidents Biochimiques

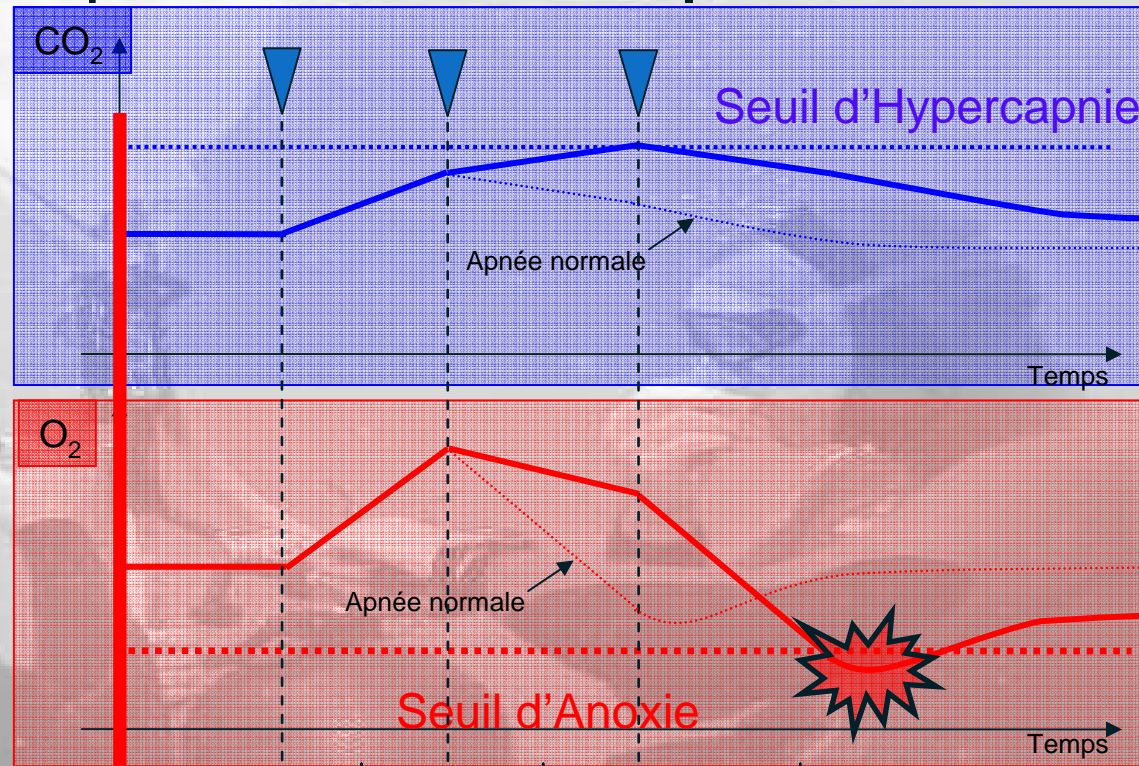
Cycle d'une apnée courante



Ventilation
 Descente : Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d'O₂ et de CO₂
 Remontée : Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d'O₂ et de CO₂
 Emersion : Attention pendant 20 s après la remontée, poursuite de la ventilation, baisse du taux O₂ dans l'organisme

Les Accidents Biochimiques

Apnée avec statique au fond

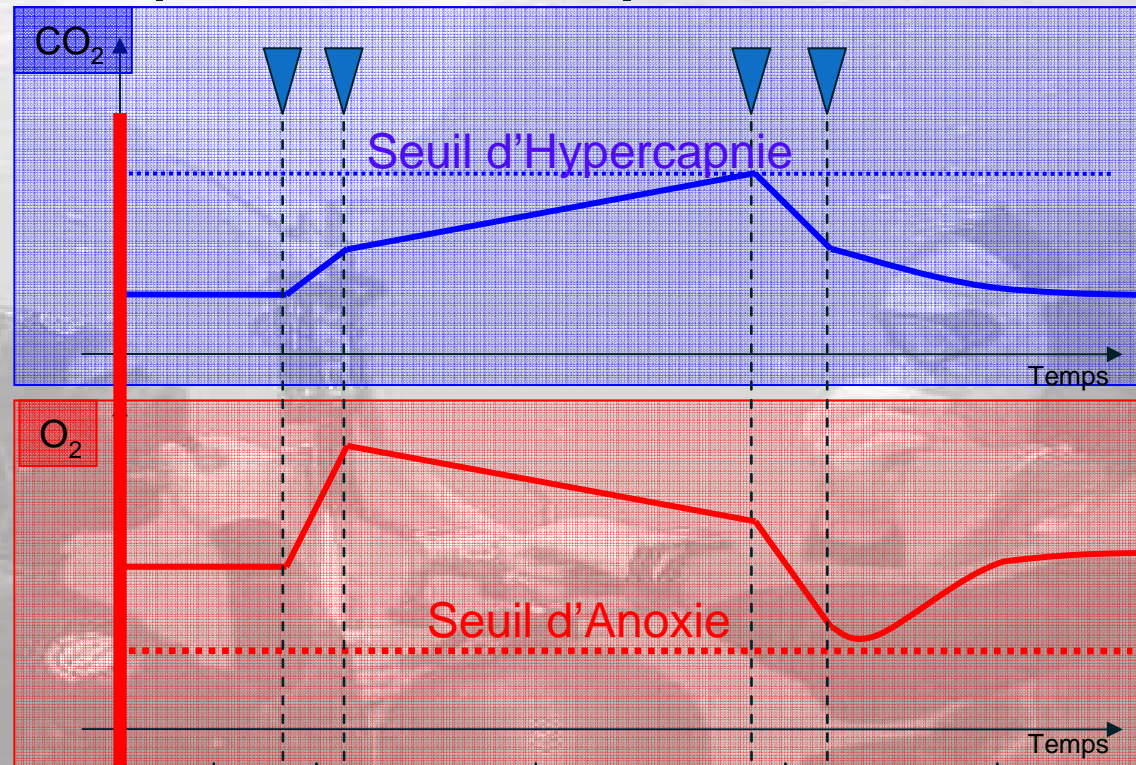


Ventilation
 Descente : Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d' O_2 et de CO_2
 Apnée statique au fond : Compression d' O_2 et de CO_2
 Remontée : Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d' O_2 et de CO_2

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

Les Accidents Biochimiques

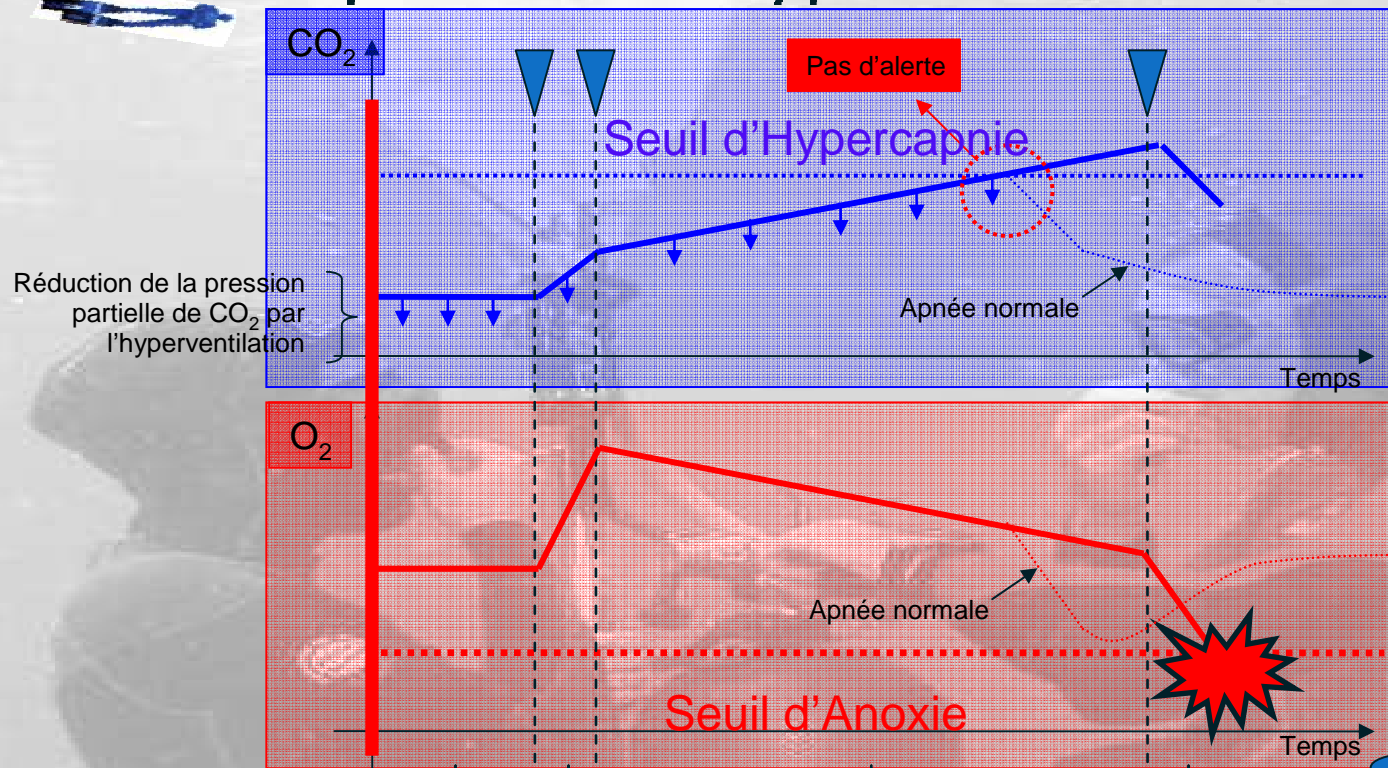
Apnée avec déplacement au fond



Descente : Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d' O_2 et de CO_2
Evolution au fond : Consommation d' O_2 et production de CO_2
Remontée : Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d' O_2 et de CO_2
Emergence : Attention pendant 20 s, poursuite de la baisse du taux O_2 dans l'organisme

Les Accidents Biochimiques

Apnée avec hyperventilation



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

Descente :
Augmentation de la pression ambiante et des pressions partielles d'O₂ et de CO₂

Evolution au fond :
Consommation d'O₂
Production de CO₂

Remontée :
Baisse de la pression ambiante et des pressions partielles d'O₂ et de CO₂

Je me sens bien, je continue



Les Accidents du milieu

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.

En cas de syncope la sortie de l'eau doit être immédiate avant la reprise de la respiration.

Symptômes:

Arrêt respiratoire voir même circulatoire ,inconscience.

Traitement:

RIFAA et prévenir les secours

Prévention:

Ne pas dépasser ces limites ,progresser par palier



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2



Les Accidents Biophysiques

L'hypothermie

L'hypothermie est due à une eau froide et/ou une immersion trop prolongée ou matériel inadapté.

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.

Traitement :

sortir de l'eau, réchauffement passif, boisson chaude.

Prévention :

Combinaison adaptée à la température de l'eau,
alimentation correcte.

Limitier le temps des séances en eau froide.



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2



Les Accidents Biophysiques ADD ou 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.

Symptômes :

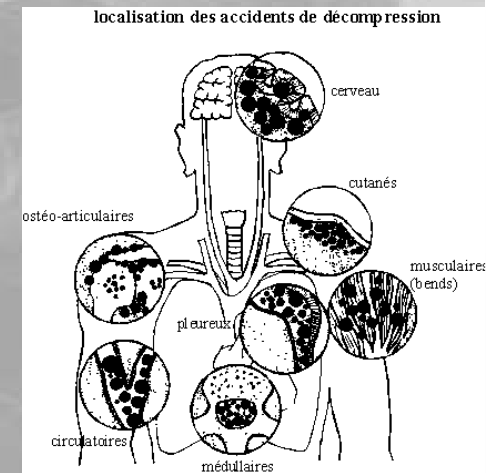
vertiges, nausées, angoisse qui régressent rapidement pour les formes mineures et/ou par des troubles neurologiques (troubles sensitifs, moteurs ou psychologique...), parfois persistants pour les formes les plus graves.

Traitement :

O₂ , Aspirine si non allergique.

Prévention :

respecter un temps de récupération suffisamment important entre deux plongées profondes



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2



Adaptabilité au Milieu et à la Profondeur

La Bradycardie=réflexe d'immersion

C'est la diminution du rythme cardiaque.

Elle apparait dès l'immersion du corps et elle persiste pendant toute la durée de celle-ci.

L'intensité de la bradycardie est variable d'un sujet à un autre, elle est fonction de l'âge, de l'entraînement, des émotions et des efforts fournis pendant l'apnée (maximale pendant l'apnée statique).

La bradycardie est majorée par l'eau froide (récepteurs cutanés).

Pendant l'exercice, la bradycardie peut être augmentée grâce à des exercices de relaxation.

A la reprise de la ventilation elle est suivie d'une accélération immédiate, transitoire du cœur (tachycardie).

Pour exemple un Apnée statique expiratoire à 4 m :
Départ 70 Pulsations/mn, au Fond 38 Pulsations/mn
remontée surface : 130 Pulsations/mn.



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2

Adaptabilité au Milieu et à la Profondeur

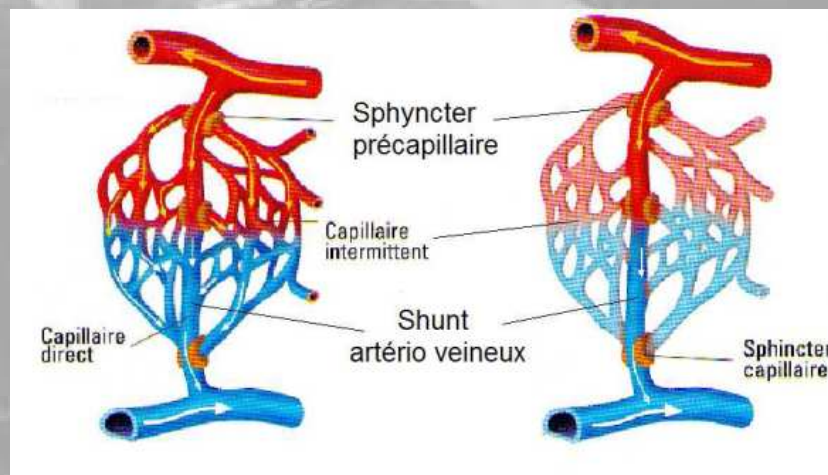
La Vasoconstriction

C'est la diminution du diamètre des vaisseaux sanguins.

Le sang circule donc moins dans les membres et l'abdomen. La consommation d'oxygène dans ces tissus en est réduite.

La vasoconstriction périphérique favorise le maintien du rythme cardiaque afin de privilégier la circulation du sang dans les organes dits nobles tels que le cœur, les poumons et le cerveau.

Au total, la bradycardie et la vasoconstriction assurent une économie considérable d'oxygène. C'est le Diving Reflex





Adaptabilité au Milieu et à la Profondeur

Le Blood Shift

A la descente, augmentation de la pression et diminution du volume pulmonaire (loi de Boyle-Mariotte).

A partir d'une certaine profondeur environ 30 M :

L'espace laissé libre ne peut pas rester vide du fait de la moindre déformabilité de la région thoracique, donc le sang est refoulé au niveau pulmonaire pour occuper cet espace libre.

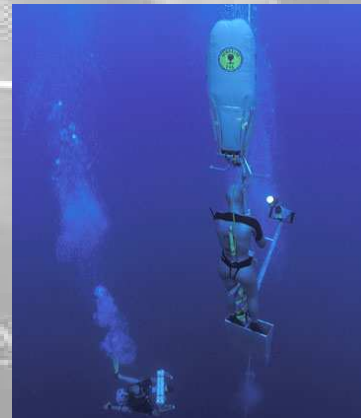
Le sang est séquestré dans la circulation pulmonaire, environ 1l en plus des 600ml. Le sang est un liquide, il est donc incompressible, cela explique l'adaptation possible à des profondeurs importantes.

Le Blood shift n'est pas un phénomène purement passif, c'est aussi un phénomène actif qui permet une exploitation plus rationnelle de l'oxygène par les organes les plus importants.

Pabs » CPT / VR

Ex : CPT= 6l et VR= 1.5l

CPT/VR = 6/1.5= 4b soit 30m



LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2



Quelques Règles de sécurité de l'Apnée.



- Ne pas hyper ventiler : Afin de prévenir l'apparition de la 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.



REMERCIEMENTS

Remerciements : Marc Salacroup, Philippe Burty et Patricia Rambure.

LACHOT Dominick C2
MARTIN Renaud C2