

Flottabilité
Essoufflement
Froid
Barotraumatismes



1. Notions de Flottabilité

2. L'Essoufflement

3. Le Froid

4. Les différents Barotraumatismes



Notions de flottabilité

Constatations:

 Une bouteille de plongée est plus légère dans l'eau que dans l'air.

 Nous même, nous nous sentons plus léger dans l'eau.

 L'acier est très lourd et pourtant d'énormes paquebots en acier flottent.

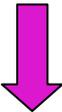
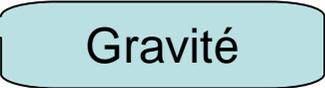
 Les personnes de fortes corpulences ont un peu plus de difficultés pour s'immerger dans l'eau.

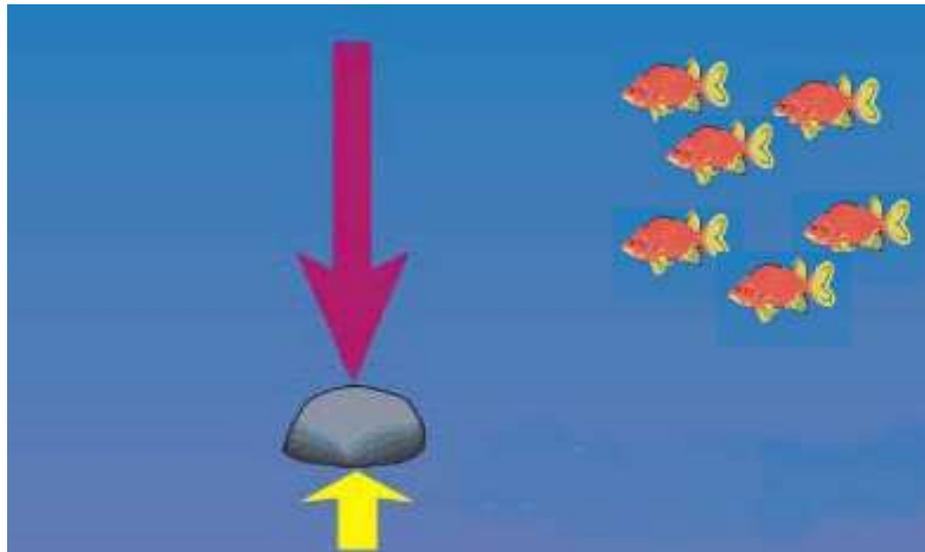
Le volume a donc une influence sur le poids que semble avoir les objets dans l'eau.

Notions de flottabilité

Principe:

Un objet plongé dans l'eau est soumis à deux forces verticales :

- Poids Réel de l'objet 
 - Poussée de l'eau 
-  Gravité
-  Archimède



Notions de flottabilité

Principe d'ARCHIMEDE :

Tout corps plongé dans un liquide reçoit une poussée verticale de bas en haut, égale au poids du volume de liquide déplacé.

Donc:

Si le volume déplacé par le corps est de 1 litre d'eau, la poussée d'Archimède sera de

1 kg

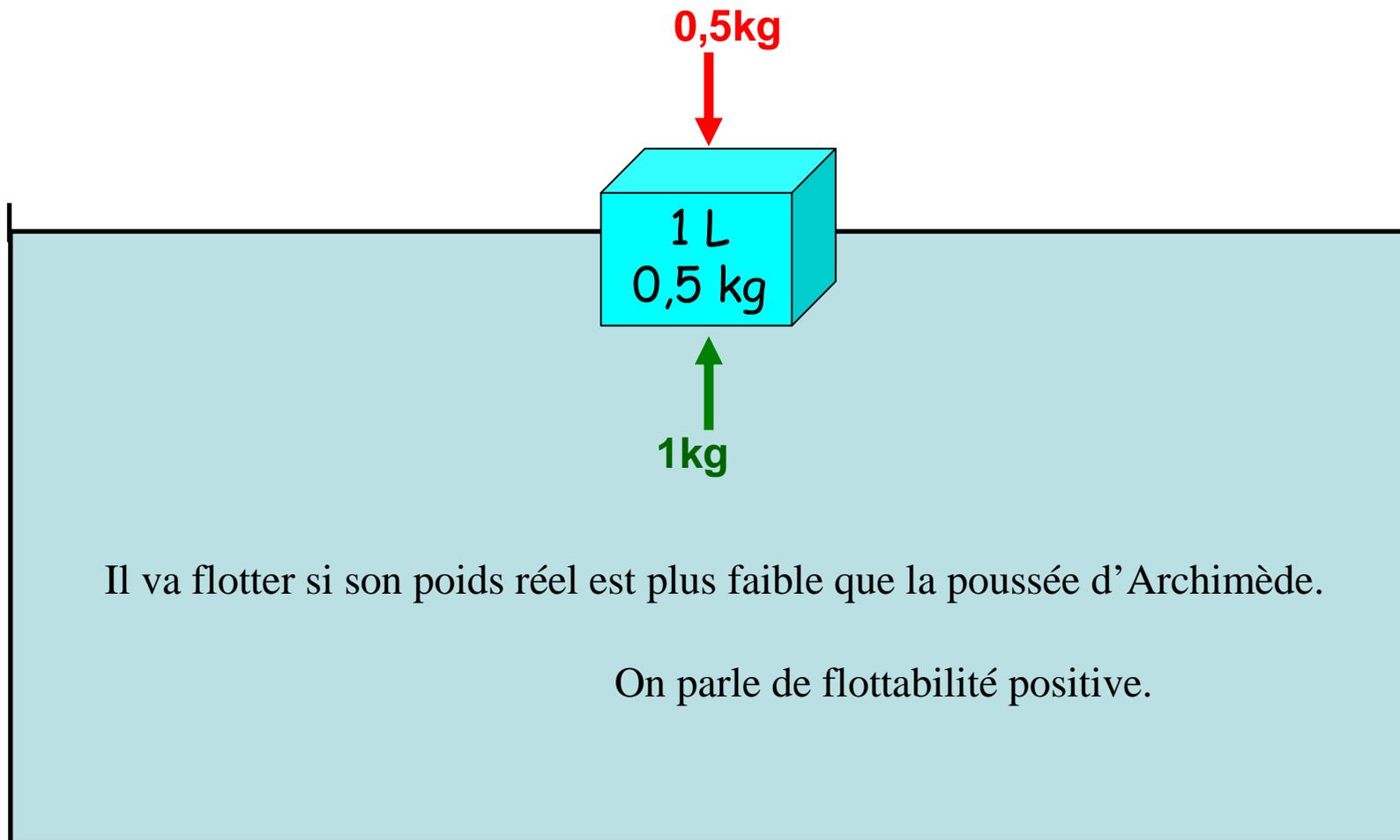
car 1 litre d'eau pèse 1 kilogramme
(1 litre = 1 dm³ et 1 dm³ d'eau pèse 1 kg).



Notions de flottabilité

Exemples:

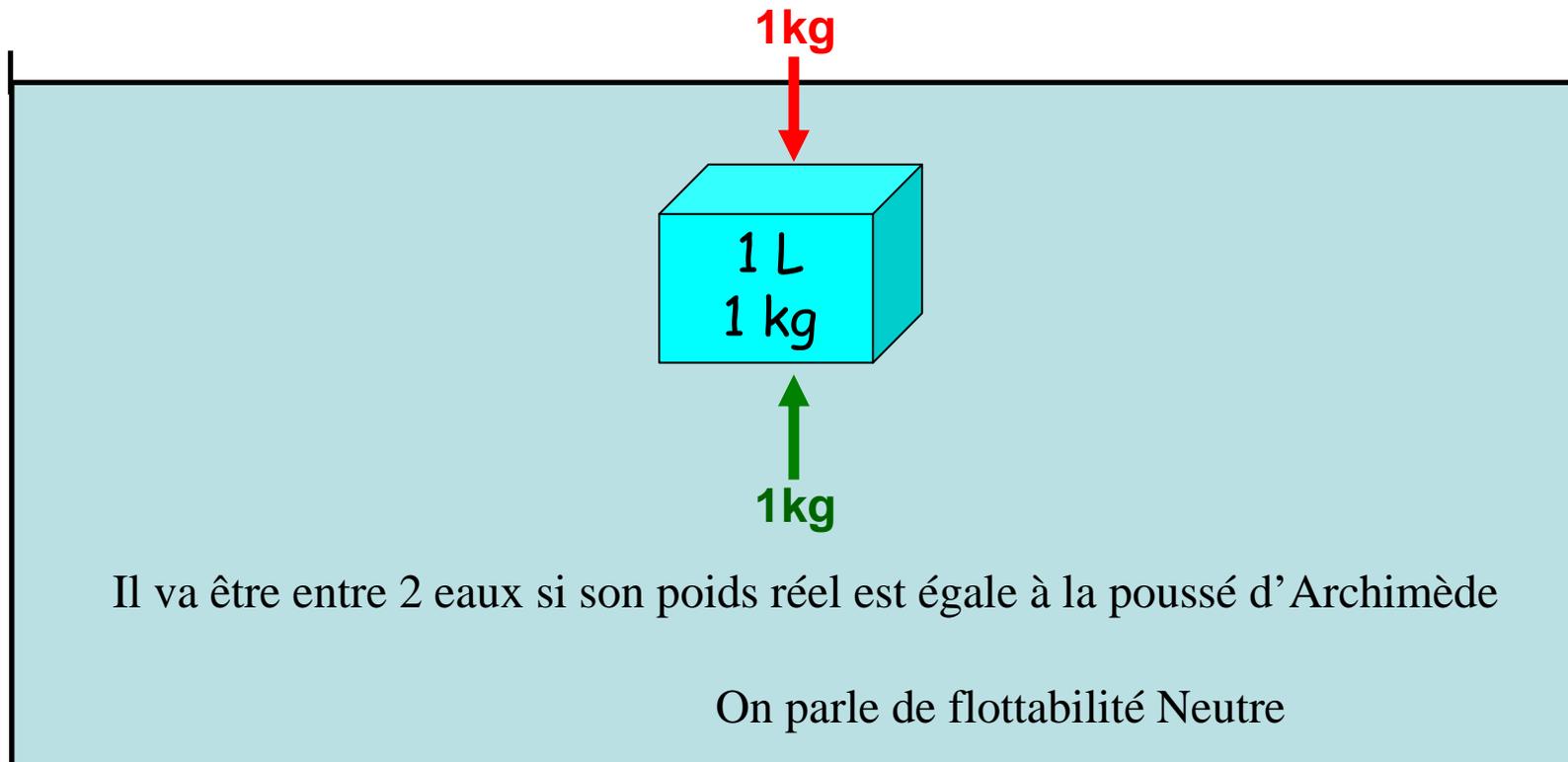
Que va faire cette boîte si on l'immerge?



Notions de flottabilité

Exemples:

Et celle-ci?



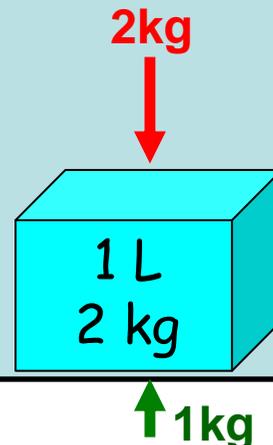
Notions de flottabilité

Exemples:

Et celle là?

Il va couler si son poids réel est plus important que la poussé d'Archimède

On parle de Flottabilité négative



Notions de flottabilité

Influence sur un plongeur ?



Notions de flottabilité

Poids apparent / Poids réel :

- Le **poids réel** est le poids de l'objet sur terre (non immergé) → Il tend à faire couler le corps
- La **poussée d'Archimède** est le poids du volume de liquide déplacé par l'objet → Elle tend à faire flotter le corps
- Le **poids apparent** est le poids que semble avoir le corps dans l'eau

Donc

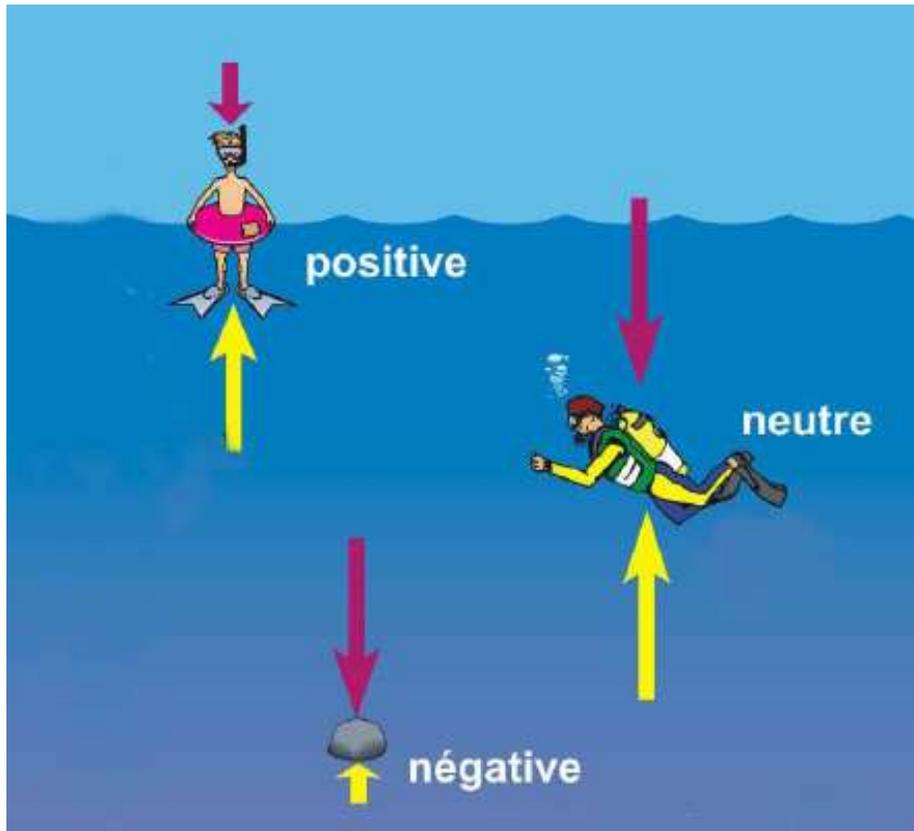
$$\text{Poids Apparent} = \text{Poids réel} - \text{Poussée d'Archimède}$$



Notions de flottabilité

Conséquences :

Poids réel < Poussée de l'eau = Poids Apparent (-)
→ Flottabilité Positive



Poids réel = Poussée de l'eau
= Poids apparent (0)
→ Flottabilité Neutre

Poids réel > Poussée de l'eau
= Poids Apparent (+)
→ Flottabilité Négative

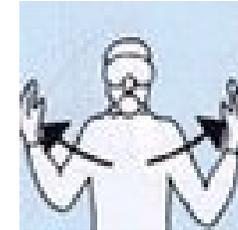


Notions de flottabilité

Le Poumon Ballast :

Si je gonfle mes poumons en inspirant,
J'augmente le Volume de ma cage thoracique,
La poussée de l'eau est plus forte que le poids du plongeur,

→ JE MONTE 



Si je souffle l'air de poumons en expirant,
Je diminue le Volume de ma cage thoracique,
Le poids du plongeur est plus forte que la poussée de l'eau,

→ JE DESCENDS 



Notions de flottabilité

Applications :

A volume constant, la Poussée d'Archimède ne varie pas, quelque soit la profondeur et la température de l'eau.



En plongée, le volume occupé par la combinaison de plongée augmente le volume d'eau déplacé (donc la poussée d'Archimède) tout en augmentant très peu le poids réel.

→ Donc on flotte.

Nous avons besoin de lestage de plomb pour retrouver un poids apparent nul dans l'eau.



Notions de flottabilité

Applications :



V = 10 à 15 litres

Le fait de gonfler / dégonfler le gilet stabilisateur induit une variation de volume qui va modifier la poussée d'Archimède afin de l'augmenter (pour monter) ou de la diminuer jusqu'à ce qu'elle soit inférieure à notre poids réel (pour descendre).

Une faible variation de volume est suffisante pour faire varier la poussée d'Archimède, c'est le cas du poumon Ballast .

Notions de flottabilité

Applications :



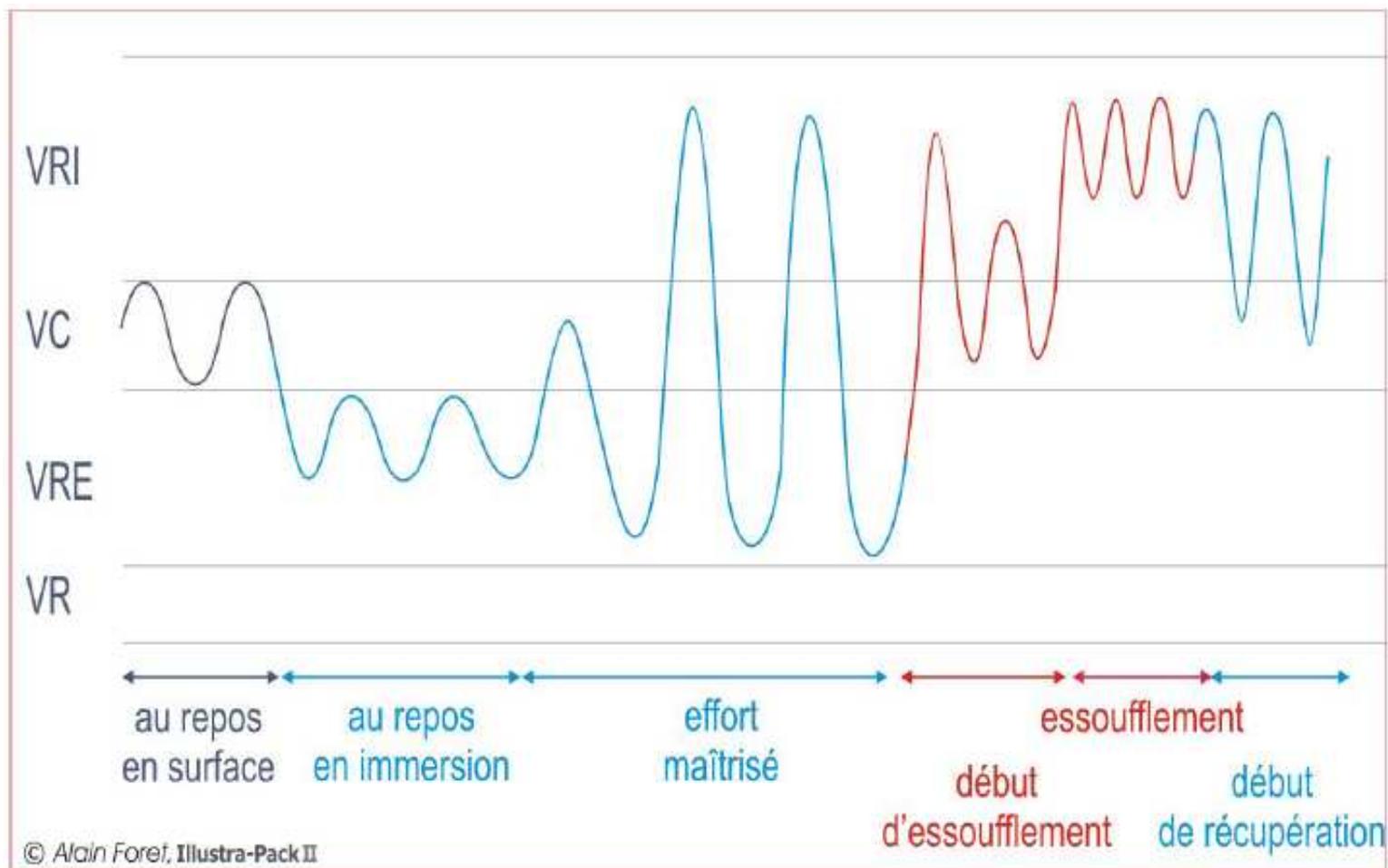
Le théorème d'Archimède vas aussi être utilisé pour l'immersion :

Le canard : En sortant les jambes de l'eau, on diminue le volume immergé; les jambes n'étant plus soumises à la poussée d'Archimède, le poids apparent augmente, donc nous « coulons ».

Le phoque : En expirant, le volume diminuant, la poussée d'Archimède sur notre corps devient moins importante → le poids apparent augmente, donc nous « coulons ».

L'essoufflement

Principe :



VRI : Volume de Réserve Inspiratoire – VC : Volume Courant
VRE : Volume de Réserve Expiratoire – VR : Volume Résiduel



L'essoufflement

Causes :

Augmentation dans l'organisme du CO₂ causée par

 La profondeur.

 Un effort important.

 Le manque d'entraînement physique.

 le froid.

 Le volume mort du tuba (ou du détendeur).

L'essoufflement

Symptômes :

Augmentation dans l'organisme du CO₂ causée par

 Accélération du rythme respiratoire.

 Sensation de manque d'air, suffocation.

 Halètement.

 Palpitations.

 Grosses crampes.

 Consommation excessive.

 Difficulté à « tenir » une apnée.

 Syncope.

 Noyade



L'essoufflement

Facteurs Favorisant :

Prévention :

- Profondeur → Limiter sa profondeur en début de saison
- Mauvais ventilation → **Insister sur l'expiration.** Rythme respiratoire contrôlé et bonne amplitude, arrêter de palmer
- Froid → Combinaison adaptée, Glucides, temps de plongée raccourcis en eau froide
- Condition physique → S'entraîner régulièrement
- Fatigue → Faire la bringue sans excès
- Lestage → Adapté : ni trop, ni pas assez
- Matériel inadapté → détendeur mal réglé, combinaison trop serrée,...
- Stabilisation au fond → Utilisation correcte pour un minimum d'effort

Il Faut signaler l'Essoufflement à votre GP!



Le froid

Causes :

La conductivité thermique de l'eau est **25 fois plus importante** que l'air
Nous nous refroidissons, donc, 25 fois plus vite dans l'eau que dans l'air.

Cette déperdition augmente :

 Lorsque l'eau se refroidit (+ de différences de température).

 Lorsque le corps est mal protégé (+ de perte de chaleur).

 lorsque la circulation d'eau est importante (+ d'échange)

Le froid

Symptômes :

L'agression par le froid se manifeste par :

 La chair de poule.

 Les frissons, tremblements.

 L'accélération du rythme respiratoire (consommation ++)

 Le bleuissements des extrémités

 L'envie d'uriner (diurèse)

 Les crampes

 Essoufflement

 Fatigue excessive et perte de l'attention



Le froid

Prévention:

 Faire un apport de glucides (sucres et féculents) avant la plongée en eau froide.

 Port de vêtements isothermes adaptés à la température de l'eau, de gants, de chaussons, d'une cagoule..

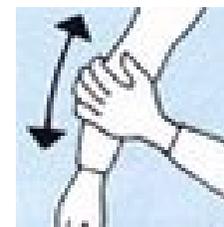
 Protéger le plus possible la nuque

 Suspendre la plongée Dès les premiers frissons remontée vers une eau plus chaude et Suspendre la plongée s'il n'y a pas d'amélioration

 Une fois remonté, se sécher, se réchauffer (sans frictionner), boire des boissons chaudes et sucrées (non alcoolisées) et se mettre au chaud

L'augmentation de la déperdition calorifique augmente le travail de défense de l'organisme et favorise l'essoufflement.

Il Faut signaler si vous avez froid à votre GP!



Les Barotraumatismes

BARO = Pression \leftrightarrow TRAUMA = Lésion

Les accidents barotraumatiques sont causés par les **variations de volume et de pression des gaz**.

Le plongeur en immersion possède de nombreuses cavités dans son corps ou son équipement occupées par de l'air. Ce sont de ces cavités que vont naître ces accidents.

Pour mieux les prévenir, il nous va donc falloir connaître leurs **principes** et comment les **prévenir**.



Les Barotraumatismes

Loi de Boyle/Mariotte (information):

 A température constante, le volume d'un gaz varie inversement à sa pression.

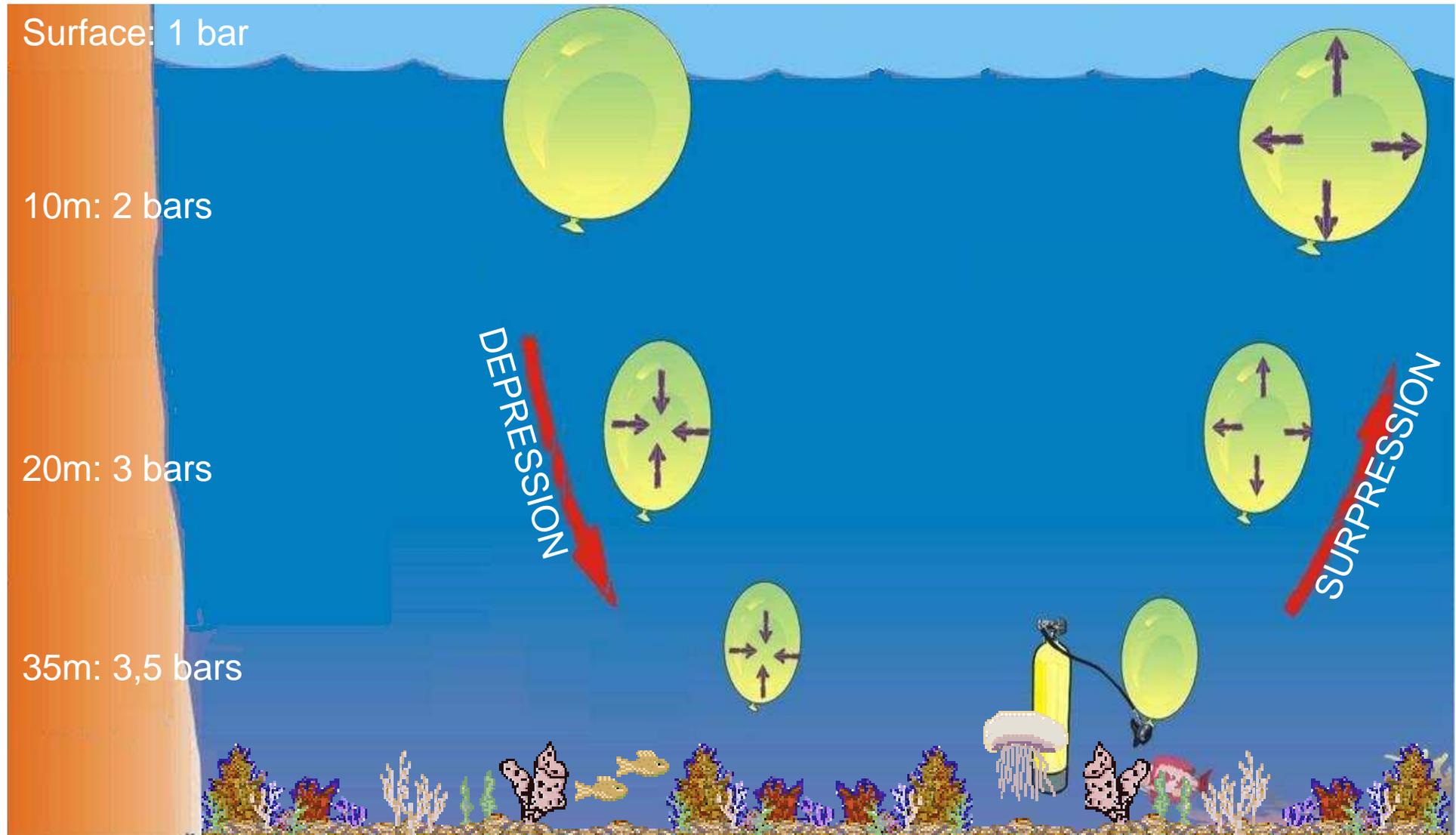
 Les variations de pressions du milieu aquatique vont donc faire varier le volume de l'air contenu dans les différentes cavités.

 Il faudra donc gérer ces variations de pressions afin de prévenir les accidents barotraumatiques

 Le but sera de retrouver un équilibre entre la pression interne de ces cavités et la pression ambiante.

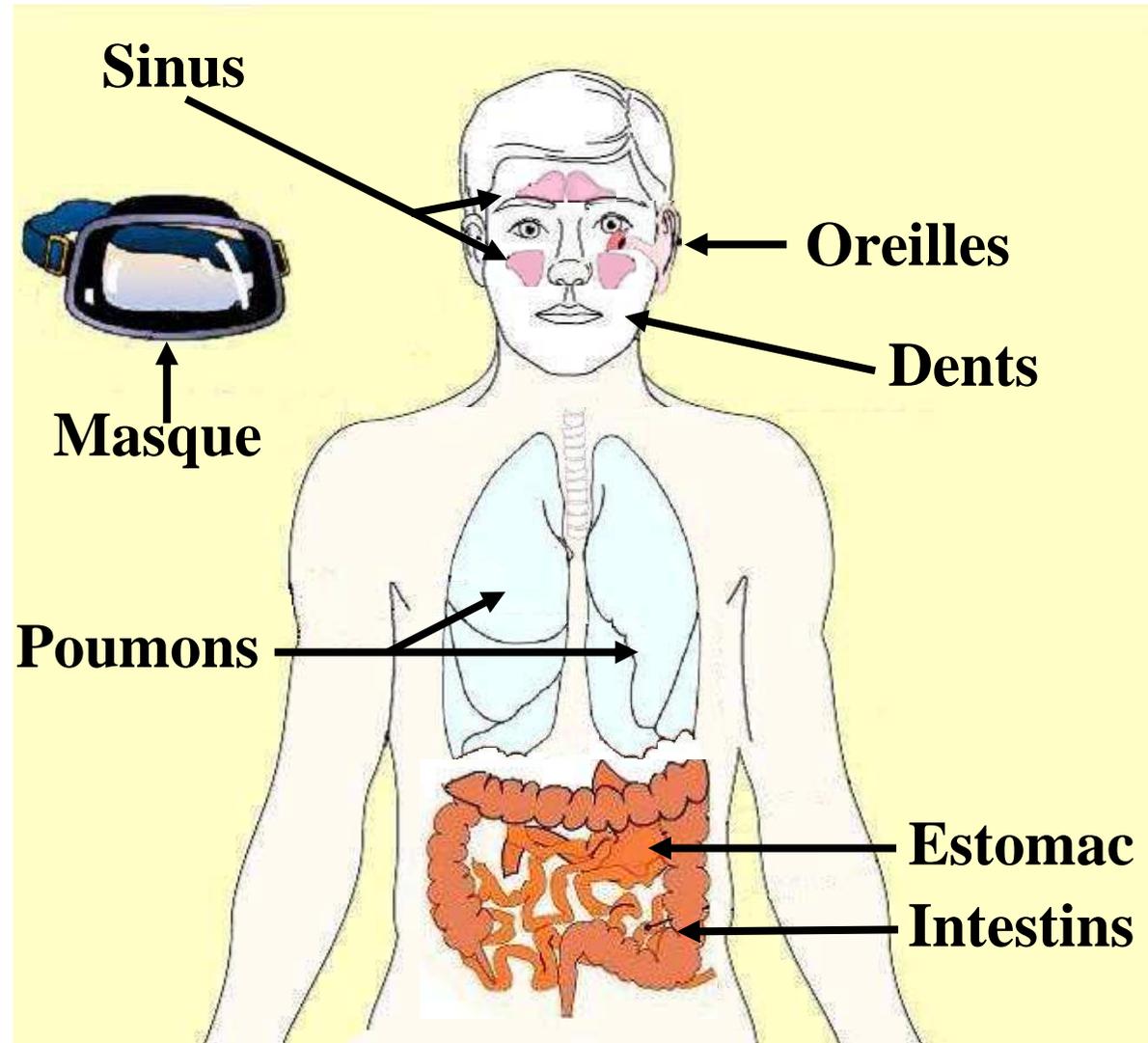
Les Barotraumatismes

Loi de Boyle/Mariotte (information):



Les Barotraumatismes

Localisation:



Les Barotraumatismes

Le « plaquage de masque » :

 **A la descente**, si le plongeur ne compense pas en soufflant dans son masque par le nez, le masque se rapproche du visage jusqu'à atteindre sa limite de déformation, l'air qu'il contient se trouvant comprimé progressivement.

 Si la descente se poursuit, on ressent une gêne, puis une douleur, une sensation d'aspiration ; peuvent venir des saignements de nez, l'œil devient rouge, puis "au beurre noir".

IL FAUT DONC SOUFFLER PAR LE NEZ dans le masque
au fur et à mesure de la descente, et ne pas serrer de trop la sangle du masque.



Les Barotraumatismes

Le « plaquage de masque » :

Mécanismes :

 Masque en place, une « poche » d'air se crée à l'intérieur du masque.

 A pression ambiante; il y a équilibre entre la pression interne du masque et la pression externe exercée sur le masque.

 La pression à l'intérieur du masque ne varie pas (volume fermé) alors que la pression exercée sur l'extérieur du masque augmente en descendant → le volume du masque va diminuer et le masque fera un effet ventouse



Les Barotraumatismes

Le « plaquage de masque » :

Causes :

-  Descente trop rapide.
-  Plongée avec la sphère ORL encombrée.
-  Froid (par son effet anesthésiant qui nous fait ressentir la douleur trop tardivement)
-  Oublie de souffler dans le masque (car souvent indolore)
-  Masque trop serré (pas d'effet ventouse ressenti)

Les Barotraumatismes

Le « plaquage de masque » :

Symptômes:

 Marquage du visage au niveau de la jupe du masque.

 Effet « ventouse » au niveau des yeux.

- ☞ Rupture des capillaires: yeux rouges, hématome oculaire (cocard),
- ☞ Gène possible de la vue,
- ☞ hématome oculaire

Les Barotraumatismes

Le « plaquage de masque » :

Prévention :

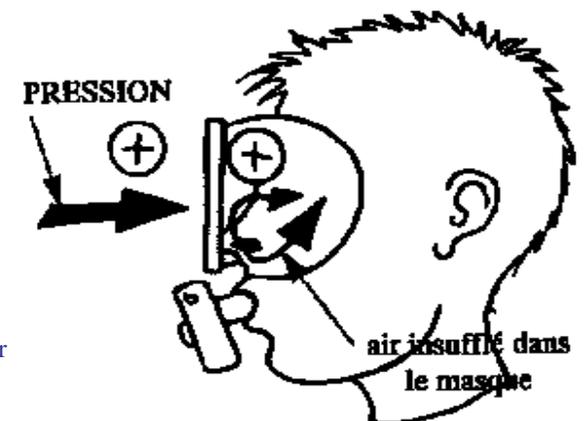
 Souffler par le nez à la descente pour rééquilibrer les pressions à l'intérieur du masque et l'extérieur (pression ambiante).

 Modérer votre vitesse de descente.

 Effectuer la manœuvre de Vidage de Masque sans l'enlever complètement (éviter l'eau dans le masque).

 Utiliser un masque englobant le nez, de préférence à faible volume d'air intérieur et sans le serrer exagérément.

A la remontée, le volume à l'intérieur du masque augmentant, le surplus d'air sera évacué naturellement.

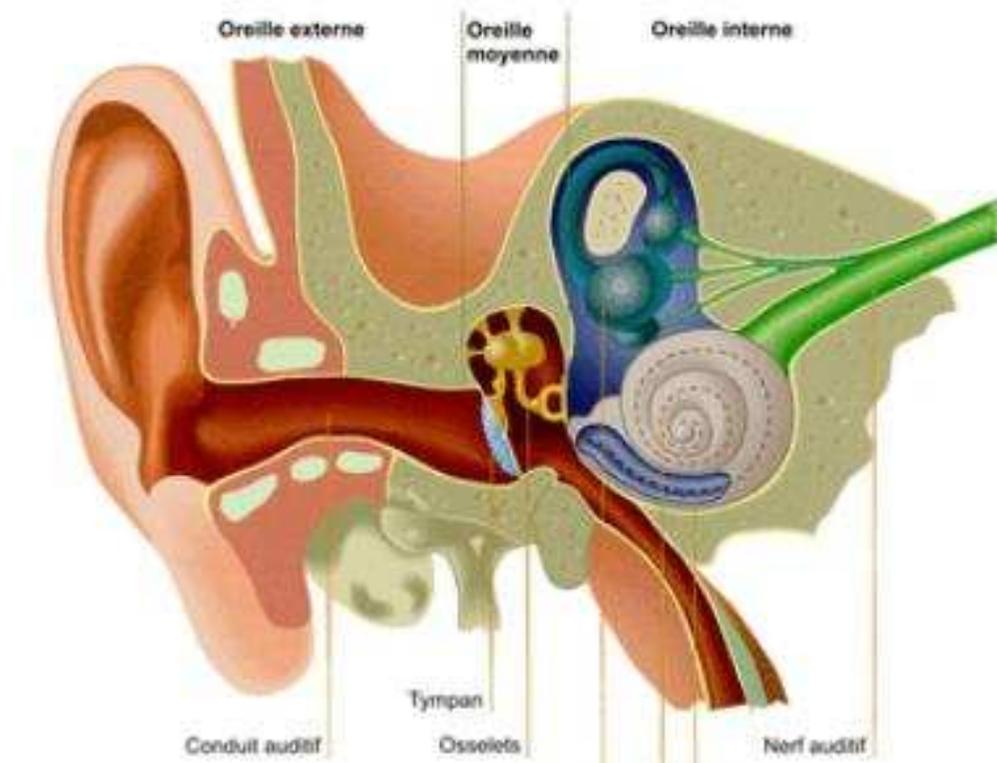


Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Physiologie :

 L'oreille est isolée de l'extérieur par une membrane souple, le **tympan**. L'oreille moyenne est reliée aux fosses nasales par un minuscule conduit, la trompe d'Eustache, assurant l'équilibre de pression.



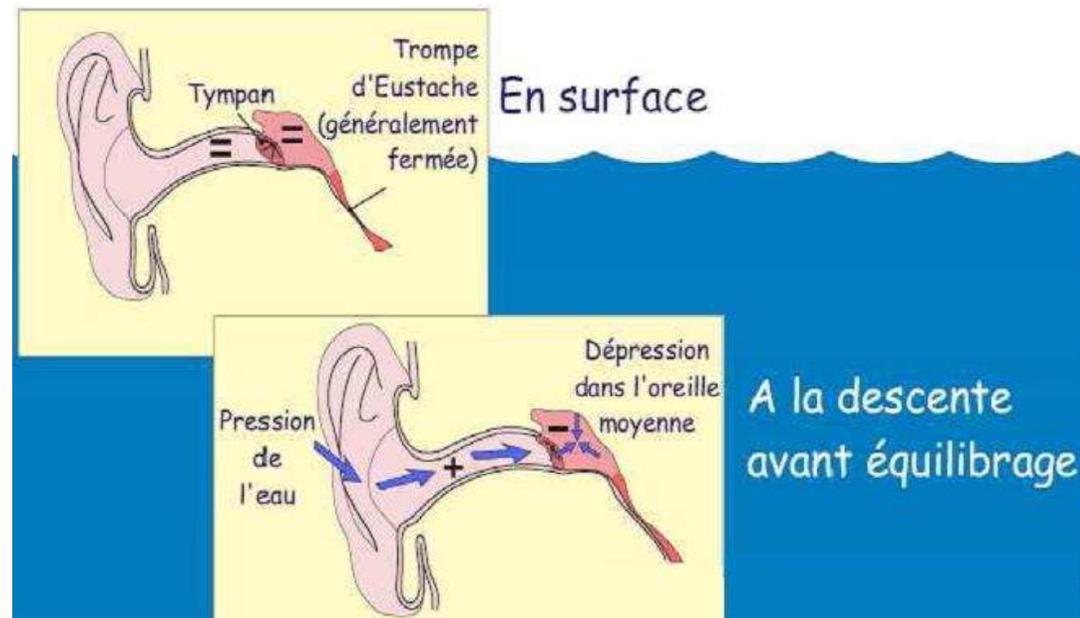
Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Physiologie :

 **A la descente**, la pression de l'eau augmente, entre dans l'oreille externe et appuie sur le tympan

 De l'autre côté du tympan, l'oreille moyenne reste à pression interne. Il y a donc une différence de pression entre les 2 côtés du tympan. Le tympan sera alors déformé vers l'intérieur et sera d'autant plus douloureux que la différence de pression sera forte.

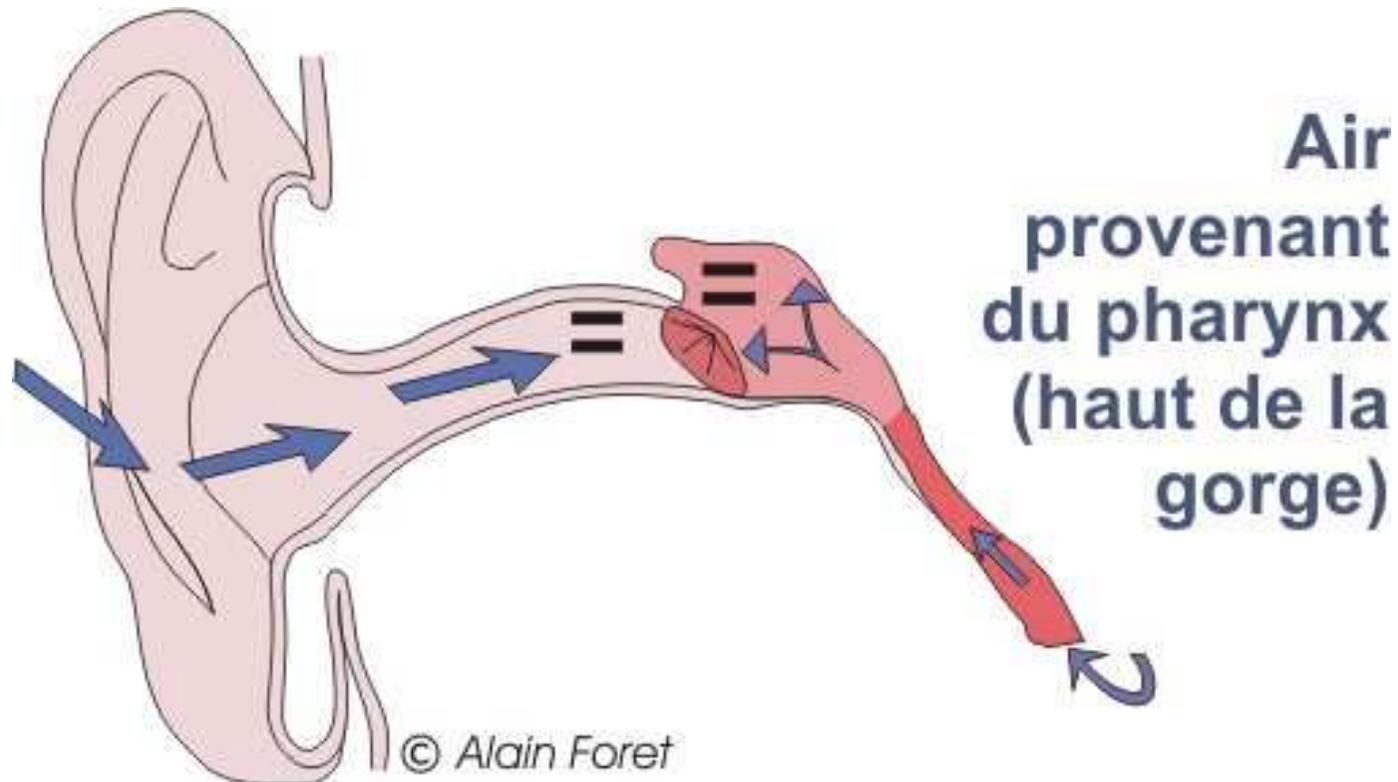


Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Prévention :

 **A la descente**, « Envoyer » de l'air dans l'oreille moyenne au travers de la trompe d'Eustache afin d'équilibrer les pressions de chaque côté du tympan.



Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Causes :

-  Descente trop rapide, essayer de rejoindre sa palanquée « à tout prix »
-  Yoyo répétés.
-  Equilibrage à la remontée.
-  Manœuvre Vasalva trop violente.
-  Plongée avec sphère ORL encombrée.
-  Cagoule trop étanche.
-  Froid (effet anesthésiant nous faisant ressentir la douleur trop tardivement).

Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Symptômes :

 Gêne dans l'oreille

 Puis douleur de plus en plus importante (oreille, mâchoire, élancements persistants). Yoyo

 Epanchement de mucus / sang.

 Perte d'audition ou sensation d'oreille « pleine ».

 Attention, parfois aucune douleur perceptible.

 Si aucune réaction risque de déchirure du tympan.

☞ Nausées,

☞ Vertige,

☞ Perte d'audition,

☞ Perte d'équilibre.



Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Pour infos : différents moyens pour « Compenser »

 Valsalva : bouche fermée, nez pincé, on crée une légère surpression dans la sphère ORL en essayant de souffler. C'est la plus simple, mais la plus traumatisante. A faire très doucement pour éviter un brusque claquement du tympan qui peut être traumatisant Gène dans l'oreille

 BTV (Béance Tubulaire Volontaire) : contrôle des muscles ouvrant la trompe d'Eustache. C'est le mouvement fait lors du début d'un bâillement, mais sans ouvrir la bouche. plus complexe mais non traumatisante. Nécessite un entraînement au sec, avant de le réussir dans l'eau.

 Déglutition : On avale sa salive. C'est facile, mais pas toujours efficace. Non traumatisante Puis douleur de plus en plus importante (oreille, mâchoire, élancements persistants). Yoyo

 Manœuvre de Frenzel : nez pincé, bouche fermée, surpression par un coup de langue vers l'arrière, sans souffler Epanchement de mucus / sang.



Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Conseils

 Effectuer la manœuvre d'équilibrage **avant de ressentir** la douleur, surtout en eaux froides qui anesthésie les sensations douloureuses.

 Ne **pas plonger enrhumé**, ni avec un médicament débouchant la sphère ORL → effet temporaire.

 Ne **jamais forcer** la manœuvre d'équilibrage des oreilles.

 Lorsqu'on a des difficultés à équilibrer ses oreilles, il est conseillé de **descendre doucement, tête en haut** (le long d'un bout) avec un phoque.

 Si on utilise le Valsalva → le faire en **douceur**.

 **Jamais de Valsalva à la remontée.**

 Eviter les « Yoyos »

 Après chaque plongée, **se rincer et se sécher** les oreilles.

 **Protéger** ses oreilles du froid et du vent (bonnet, capuche, cache oreilles)



Les Barotraumatismes

Les oreilles :

Conseils : **A la descente** si douleur :



Faire signe à son GP



Ne pas insister et remonter de quelques mètres, retenter une ou plusieurs manœuvres d'équilibrage.



Si la douleur persiste à la redescente, stopper la plongée Ne **pas plonger enrhumé**, ni avec un médicament débouchant la sphère ORL → effet temporaire.

Une fois au sec, consulter un ORL et ne rien mettre dans l'oreille



Les Barotraumatismes

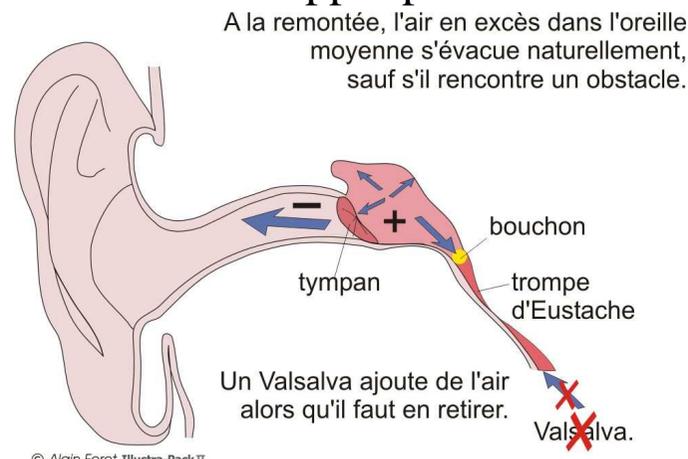
Les oreilles :

Conseils : **A la remontée** si douleur :

 L'air ressort normalement de l'oreille moyenne par le trompe d'Eustache

 Si celle-ci est bouchée (mucosités), l'air ne pouvant pas ressortir, il y aura une différence de pression entre les 2 côtés du tympan; la pression de l'oreille externe (pression ambiante) ➡ alors que celle de l'oreille moyenne ➡. Le tympan sera alors déformé vers l'extérieur.

 **Il ne faut surtout pas faire de manœuvre de Valsalva** qui augmenterait encore plus la pression de l'oreille moyenne. Il est conseillé de stopper provisoirement la remontée et de faire signe à son GP



Les Barotraumatismes

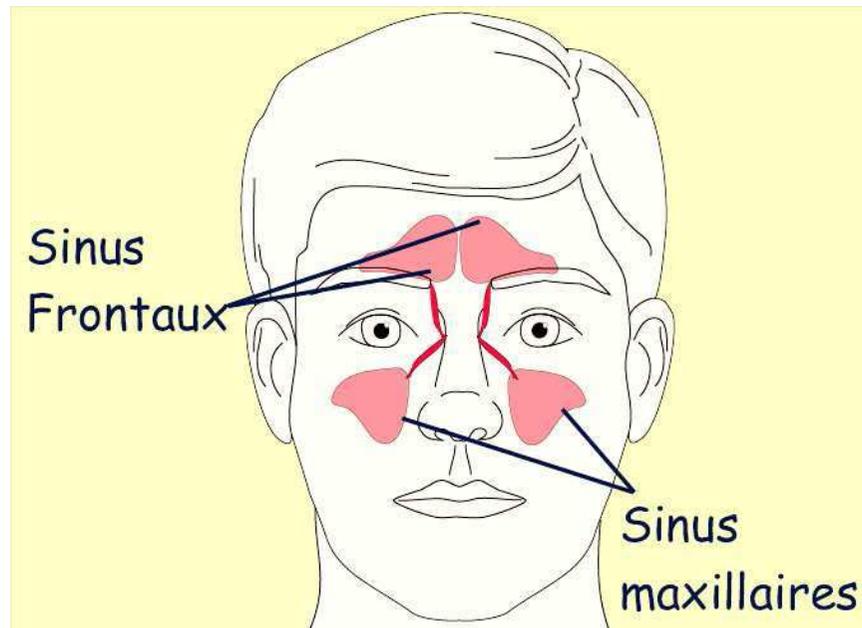
Les sinus:

Physiologie :

 Les sinus (frontaux et maxillaires) sont des cavités remplies d'air creusées dans les os du crâne. Les sinus communiquent par un orifice étroit qui permet le passage d'air venant du nez.

 En temps normal, la pression s'équilibre toute seule avec les sinus par ses orifices.

 Mais si le conduit est obstrué par des mucosités l'équilibre naturel ne pourra pas s'effectuer.



Les Barotraumatismes

Les sinus:

Causes :

 Rhume sinusite (encombrement de la sphère ORL).

 Déformation nasale ou des sinus.

Symptômes:

 Douleurs au niveau des sinus (faciale et frontale).

 Saignement de nez (sang dans le masque).

 Larmoiement, nausées, mal à l'oreille. Déformation nasale ou des sinus.

Peut se produire aussi bien à la descente qu'à la remontée.



Les Barotraumatismes

Les sinus:

Conseils : Si douleur dans les sinus une fois dans l'eau :

A la descente :

- ☞ Faire signe à son GP
- ☞ Remonter un peu, attendre et réessayer de redescendre.
- ☞ Valsalva et se moucher en immersion peut aider à débloquer les sinus.
- ☞ Mais **ne pas insister et stopper la plongée** si cela persiste (risque à la remontée).
- ☞ Se faire soigner par un médecin avant de plonger à nouveau.
- ☞ Pas de prise de médicament dégageant les sinus (effet temporaire).

A la remontée :

- ☞ Faire signe à son GP
- ☞ Redescendre attendre et réessayer de remonter.
- ☞ Se moucher en immersion est à éviter (dépression dans les sinus déjà en surpression)
- ☞ Le plongeur devra se faire assister jusqu'à la surface.



Les Barotraumatismes

Les dents:

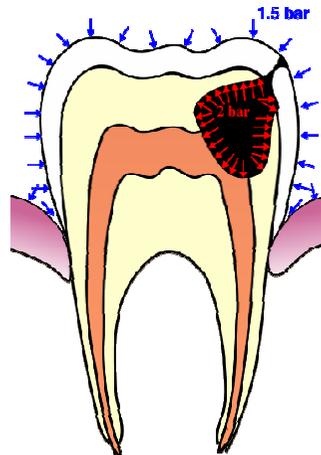
causes :

 Une carie mal soignée ou un plombage défectueux peut former une cavité d'air .

 Si cette cavité d'air se bouche (en surface ou sous l'eau) l'air contenu à l'intérieur ne peut plus s'échapper.

 A la remontée, le volume d'air contenu dans cette cavité augmentant sans pouvoir s'échapper la pression appuie sur les nerfs dentaires.

 A la descente (plus rare), la cavité d'air fermée rentre en dépression et peut déformer les nerfs dentaires.



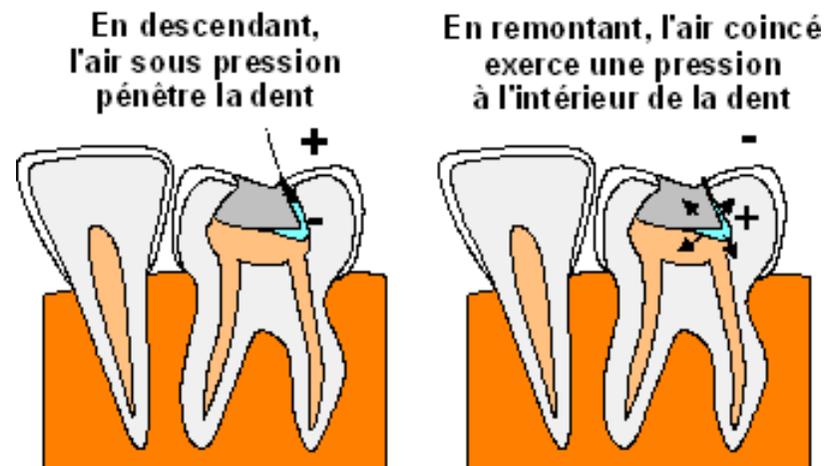
Les Barotraumatismes

Les dents:

Symptômes :

 Douleur aigüe au niveau des dents (ne pas confondre avec une douleur des sinus).

 Risque de fissuration, fragmentation, voire éclatement de la dent.



Les Barotraumatismes

Les sinus:

Prévention : Si douleur dans les sinus une fois dans l'eau :

 Avant la plongée :

☞ Une visite minimum par an chez son dentiste **en lui indiquant que vous êtes plongeur.**

 Pendant la plongée :

☞ Faire signe à son GP

☞ Si douleur à la remontée :

- Redescendre un peu, retirer le détendeur et « mâchouiller ».
- Se faire assister pour la remontée, jusque la surface.

☞ Si douleur à la descente :

➤ remonter et fin de plongée (car même si c'est supportable à la descente, la remontée pourrait être beaucoup plus « difficile »).

• Après la plongée

☞ Consulter un dentiste avant de replonger.

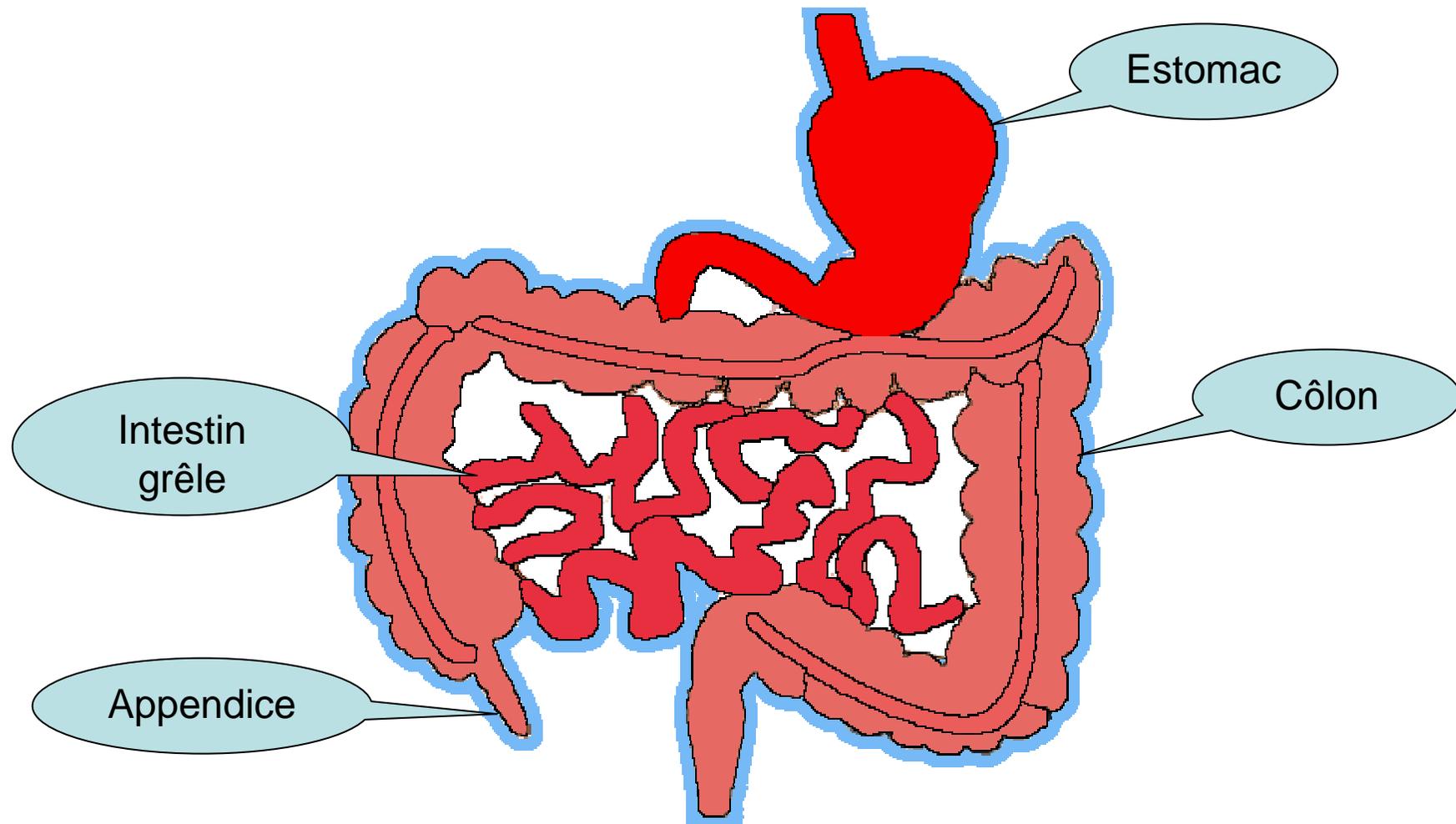
☞ Il est déconseillé de plonger dans les 10 jours après un arrachage de dent (cicatrisation)



Les Barotraumatismes

Appareil digestif :

Physiologie :



Les Barotraumatismes

Appareil digestif :

Causes :

 La digestion provoque une fermentation qui génère des gaz dans les intestins et l'estomac.

 Ces gaz sont normalement naturellement évacués.

 Lorsque ces gaz deviennent trop importants sans pouvoir s'évacuer naturellement, ils subissent alors une augmentation de volume à la remontée, (Loi de Boyle & Mariotte) faisant augmenter les bulles d'air dans nos intestins ou notre estomac.

Symptômes:

 Douleurs au niveau de l'abdomen **à la remontée.**

Les Barotraumatismes

Appareil digestif :

Prévention :

 Avant la plongée :

☞ Eviter les boissons gazeuses et les féculents

 Pendant la plongée :

☞ Faire signe à son GP

☞ Si douleur; rester à la même profondeur, patientez et, si possible, évacuer les gaz.

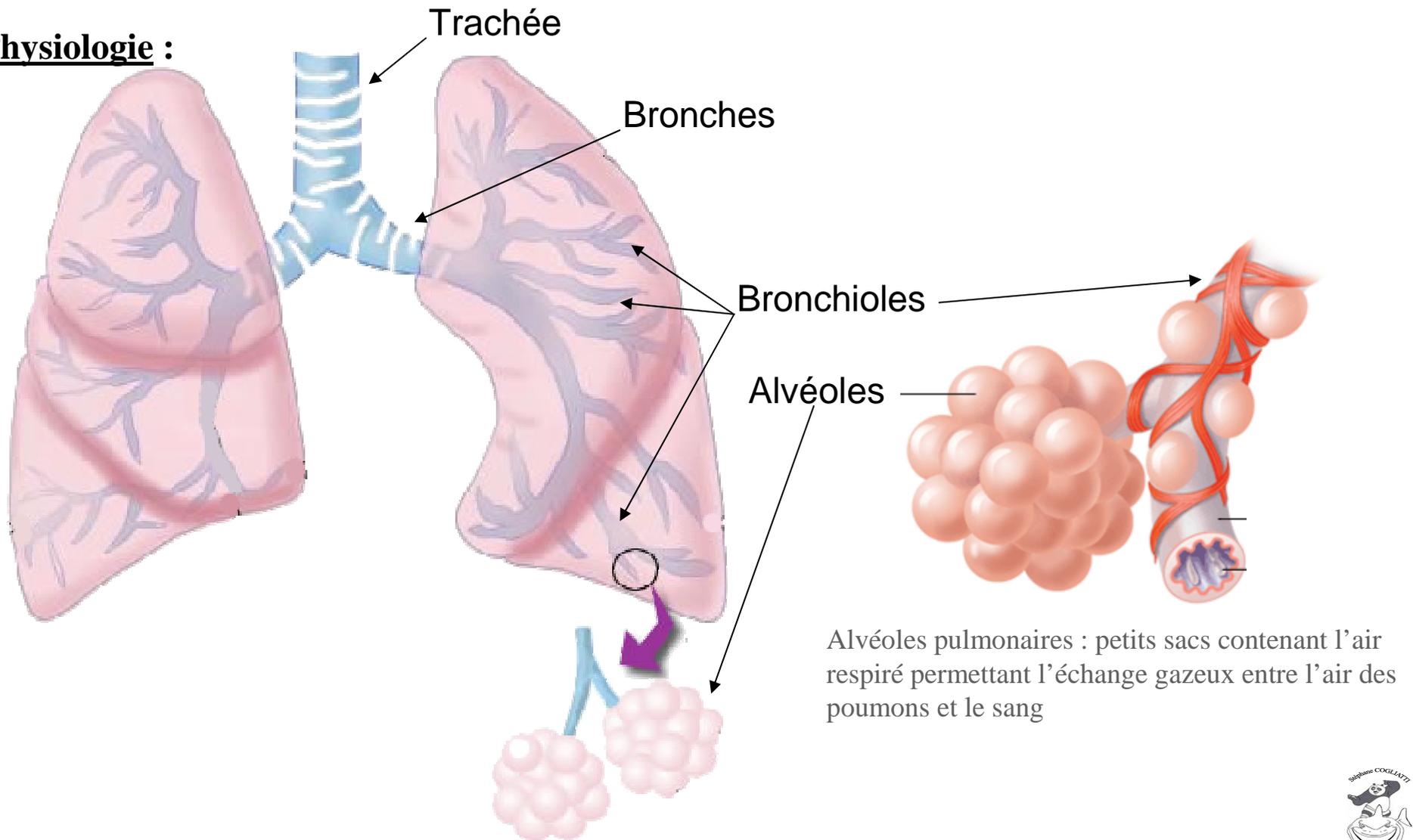
☞ Si besoin, se faire assister pour le remontée.



Les Barotraumatismes

Les poumons :

Physiologie :



Les Barotraumatismes

Les poumons :

Physiologie :

 Lors de la ventilation nos alvéoles pulmonaires se remplissent d'air pour permettre la transmission de l'O₂ de l'air vers le sang (inspiration) puis l'évacuation du CO₂ contenu dans le sang (expiration).

 **A la remontée**, la pression diminuant, le volume du gaz contenu dans les alvéoles augmente.

 Si l'air contenu dans les poumons est bloqué (apnée) ou ne peut pas s'échapper suffisamment rapidement (souffle trop faible pour remontée trop rapide) les alvéoles peuvent se distendre voir se déchirer.

 Des bulles d'air peuvent se propager dans notre système sanguin et provoquer des lé souvent irréversibles.

Les Barotraumatismes

Les poumons :

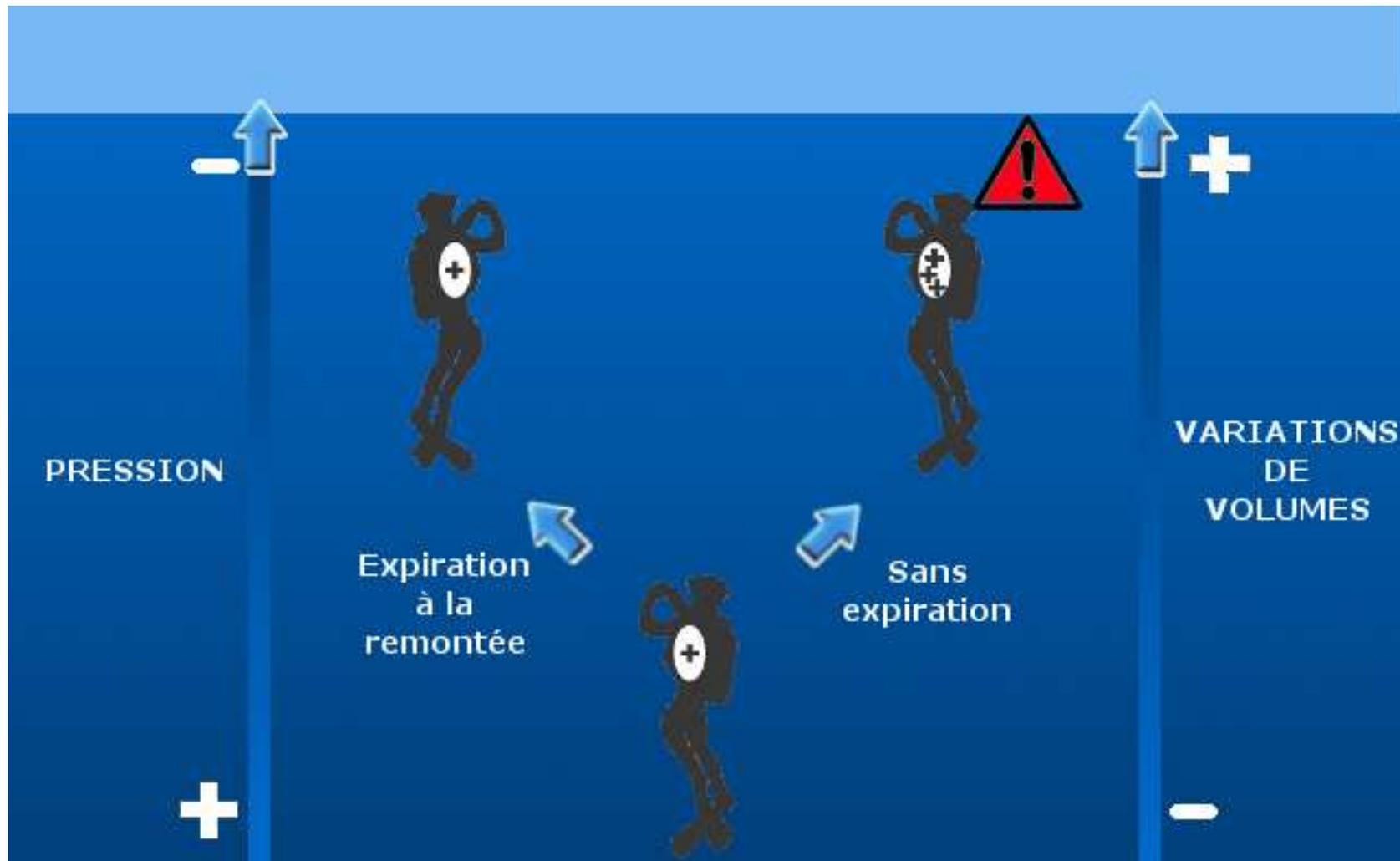
Causes : **Exclusivement à la remontée**

-  Apnée à la remontée (→ ne pas donner d'air à un apnéiste).
-  Expiration insuffisante à la remontée (essoufflement, mauvaise stabilisation, effort,...).
-  Blocage du détendeur limitant l'expiration.
-  Remontée panique en oubliant d'expirer suffisamment (arrachage du masque,...).
-  Début de noyade provoquant un blocage de la glotte obstruant la trachée.
-  Panne d'air entraînant une remontée panique en apnée.
-  Problèmes anatomique (asthme...).

Les Barotraumatismes

Les poumons :

Causes : **Exclusivement à la remontée**



Les Barotraumatismes

Les poumons :

Symptômes :



Rupture des alvéoles :

- ☞ Douleur thoracique (déformation ou déchirure des alvéoles).
 - ☞ Gène respiratoire.
 - ☞ Toux, crachats sanglants.
 - ☞ Pâleur.
- Libération de bulles d'air dans notre système sanguin :
 - ☞ Accident de décompression (nous en reparlerons lors du prochain cours)

La Surpression Pulmonaire est le plus grave des accidents barotraumatiques.

Mais c'est aussi le plus rare.



Les Barotraumatismes

Les poumons :

Prévention :

 Ne **jamais** faire d'apnée à la remontée

 En conditions normales, avec une vitesse de remontée adéquate, une expiration normale suffit; mais pour + de sureté on peut forcer sur l'expiration à la remontée

 Si blocage de l'expiration :

- ☞ Si cela est possible, stopper la remontée en attendant de pouvoir expirer (se faire assister).
- ☞ se faire assister.

 Si remontée panique

- ☞ Rester proche les uns des autres pour pouvoir s'assister mutuellement le cas échéant (panne d'air par ex); ne pas paniquer.
- ☞ S'entraîner aux exercices d'assistance – apprendre à forcer son expiration.



Les Barotraumatismes

Les poumons :

Prévention :



Si détendeur bloqué :

- ☞ Prendre un détendeur de secours (Guide de palanqué si besoin).
- ☞ En préventif faire réviser votre détendeur une fois / an.

TOUJOUR EXPIRER A LA REMONTEE

Se souvenir



Que les plus grande variations de pression ont lieues entre 10m et la surface → risque accru.



Ne jamais donner d'air à un apnéiste → il risque de bloquer son expiration à la remontée.



Les Barotraumatismes

Tableau Récapitulatif

Baro	Sens	Causes	Prévention
Oreilles	Descente & remontée	Perméabilité de la trompe d'Eustache	Effectuer des manœuvres d'équilibrage.
Masques	Descente	Volume du Masque	Souffler dans le masque par le nez
Dents	Descente & remontée	Bulles d'air dans un amalgame dentaire	Visite dentiste annuelle Annoncer: « Je suis Plongeur »
Sinus	Descente & remontée	Mauvaises perméabilité des orifices de sinus, surtout si enrhumé	Ne pas plonger enrhumé. Rincer les sinus à l'eau salée
Appareil Digestif	Remontée	Gaz dans l'estomac ou les intestins	Pas de féculent ni boisson gazeuse avant la plongée.
Poumons	Remontée	Expirations insuffisantes voir nulle	Pas d'apnée lors de la remontée. Forcer l'expiration si besoin.



Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins

BREVET ELEMENTAIRE NIVEAU 1

M. _____ Club _____
Né(e) le _____ à _____ N° Club _____
Lieu _____ N° Licence _____
Matière _____
N° _____ Le président du club : _____ L'examineur : _____ Le titulaire : _____

ÉCOLE FRANÇAISE
DE PLONGÉE



COMMISSION

Technique

A vous de jouer

