



La physiologie du sportif appliquée à la pêche sous-marine

Initiateur – Entraîneur Club de pêche sous-marine

Serge Zerrouki – MEF2 de pêche sous-marine

Sommaire...

La physiologie du sportif

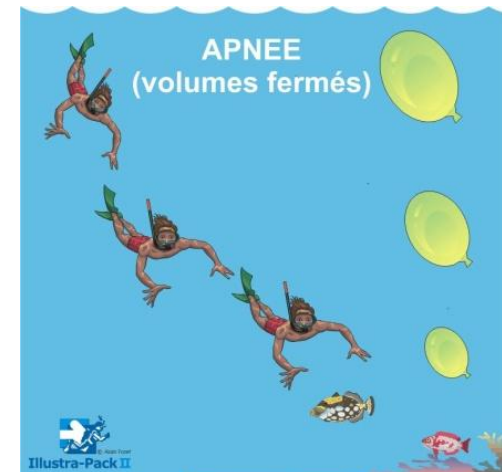
- Introduction...
- Approvisionner notre organisme en dioxygène (O₂) :
 - ✓ La ventilation
 - ✓ Un accident lié à l'absence de ventilation, la syncope hypoxique
 - ✓ Les signes pré-syncopaux
 - ✓ Intervenir lors d'une syncope
- Approvisionner notre organisme en nutriments :
 - ✓ L'alimentation du sportif
 - ✓ L'alimentation et la compétition
 - ✓ La perte de connaissance hypoglycémique
- La production d'énergie par notre organisme
 - ✓ Les filières énergétiques
 - ✓ Entraînement et filières énergétiques

Les contraintes liées au milieu

- Les barotraumatismes :
 - ✓ Rappels sur les lois physiques
 - ✓ Les oreilles
 - ✓ Les sinus
 - ✓ Les dents
 - ✓ Le placage de masque

Pour information...

- Le rendez-vous syncopal des 7 mètres.
- Le bloodshift



La physiologie du sportif

Même au repos, notre organisme a besoin d'énergie pour fonctionner, c'est le **métabolisme basal**.

Cette énergie va être produite dans nos cellules à partir des nutriments issus de notre alimentation et en présence de dioxygène.

Nutriments (provenant de l'alimentation) + dioxygène (provenant de la respiration)

=

**Energie de fonctionnement + chaleur + dioxyde de carbone (évacué lors de l'expiration)
+ autres déchets (évacués par l'urine)**

Lors d'un effort, de nombreux organes (les muscles par exemple) passent d'un fonctionnement de base à un fonctionnement intensif. Il ont alors besoin de produire beaucoup plus d'énergie pour assumer ce surplus de travail. Il va falloir que les organes reçoivent plus de nutriments et plus de dioxygène afin de produire plus d'énergie. Cette production d'énergie supplémentaire va malheureusement s'accompagner de la production d'éléments nocifs au bon fonctionnement du corps :

- De la chaleur que l'on va évacuer par la transpiration (voilà pourquoi il faut s'hydrater)
- Du dioxyde de carbone (voilà pourquoi on va être essoufflé, il va falloir expirer plus)
- D'autres déchets (il va falloir boire afin de diluer ces déchets et de les évacuer dans l'urine)

L'approvisionnement supplémentaire comme l'évacuation des déchets supplémentaires vont être rendus possible par l'accélération du rythme cardiaque et du rythme respiratoire.

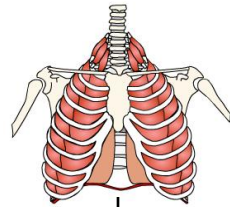
La particularité de notre sport, c'est que l'effort se déroule en apnée, la production d'énergie va donc se faire avec le dioxygène présent dans notre sang au moment de l'apnée...

Pour ce qui est des nutriments indispensables à la production de l'énergie, ils devront avoir été stocké dans notre corps AVANT l'effort et leur stock devra être reconstitué pendant l'effort pour certains ou après l'effort...

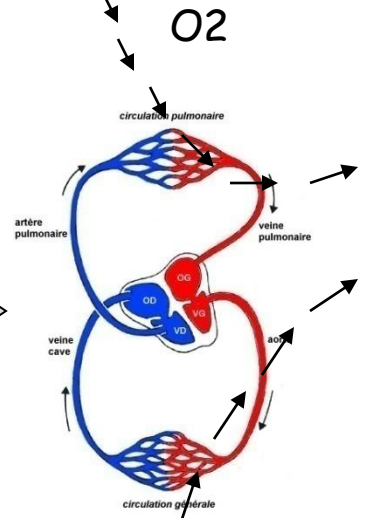
Le métabolisme cellulaire:

Les cellules du cerveau ne consomment que du glucose et du dioxygène.

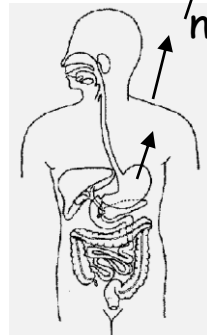
Ventilation



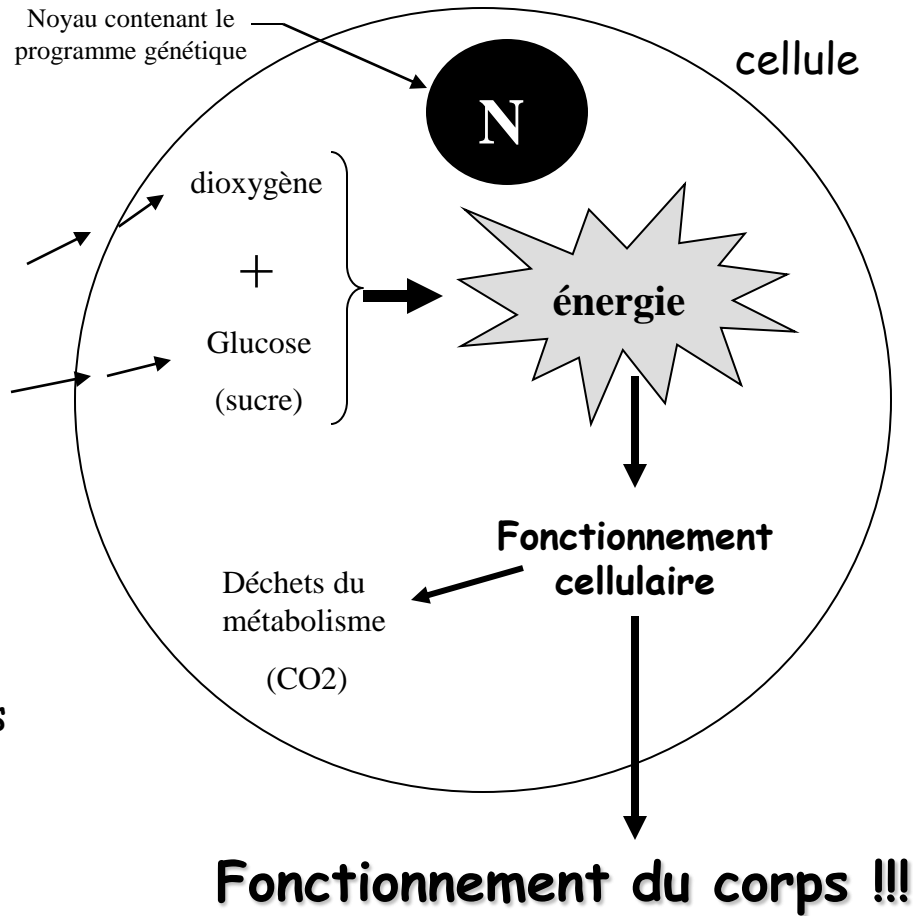
Circulation



alimentation



Noyau contenant le programme génétique



APPROVISIONNER NOTRE ORGANISME EN DIOXYGENE



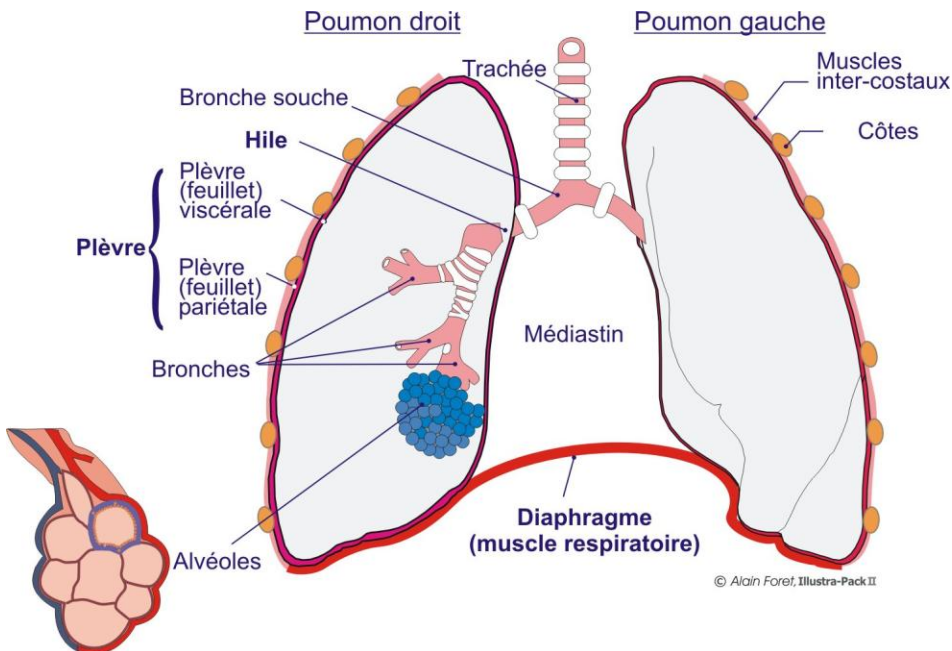
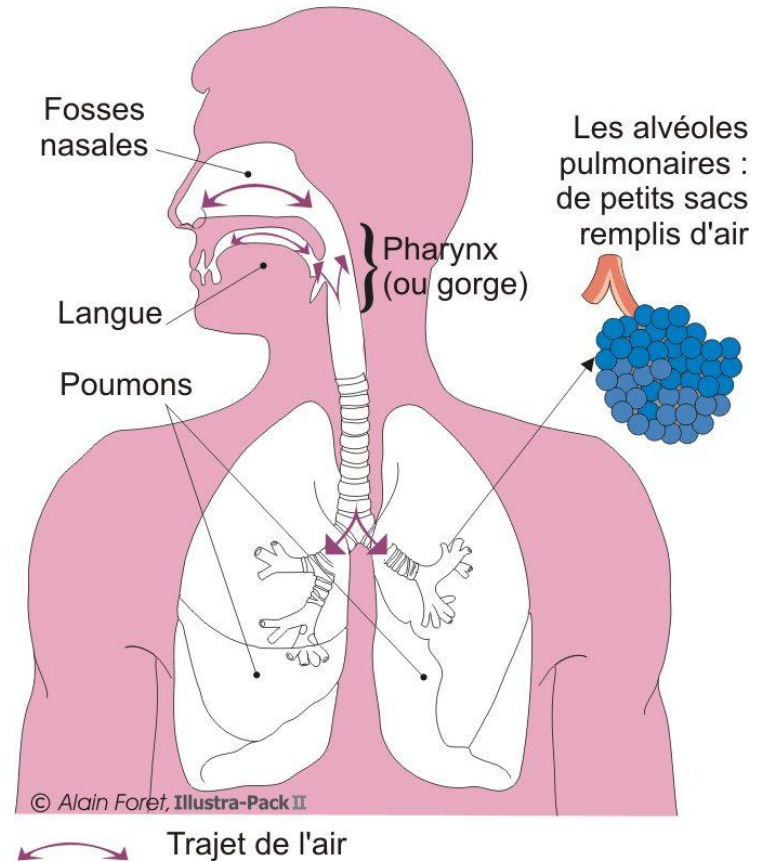
Les voies aériennes

➤ Les voies aériennes supérieures :

- Sphère ORL
- Trachée artère

➤ Les voies aériennes inférieures :

- Bronches
- Poumons



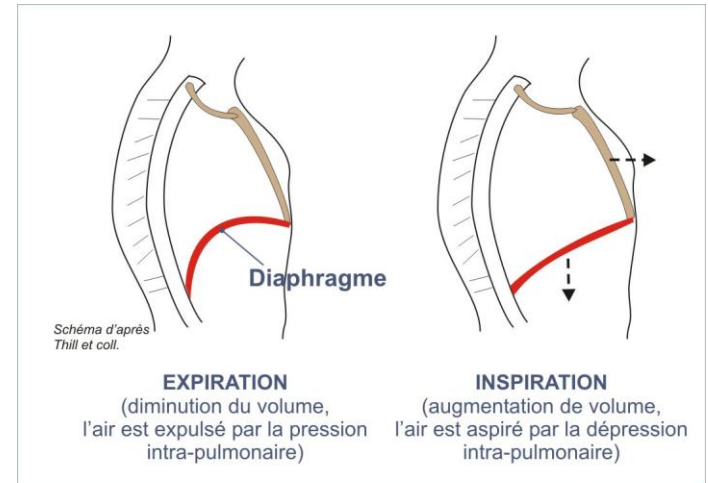
Le cycle respiratoire

Inspiration : phase active

- Contraction du diaphragme et des muscles intercostaux.
- Abaissement des viscères via les muscles abdominaux.
- Augmentation du volume de la cage thoracique qui va provoquer un remplissage des poumons.

Expiration : phase passive

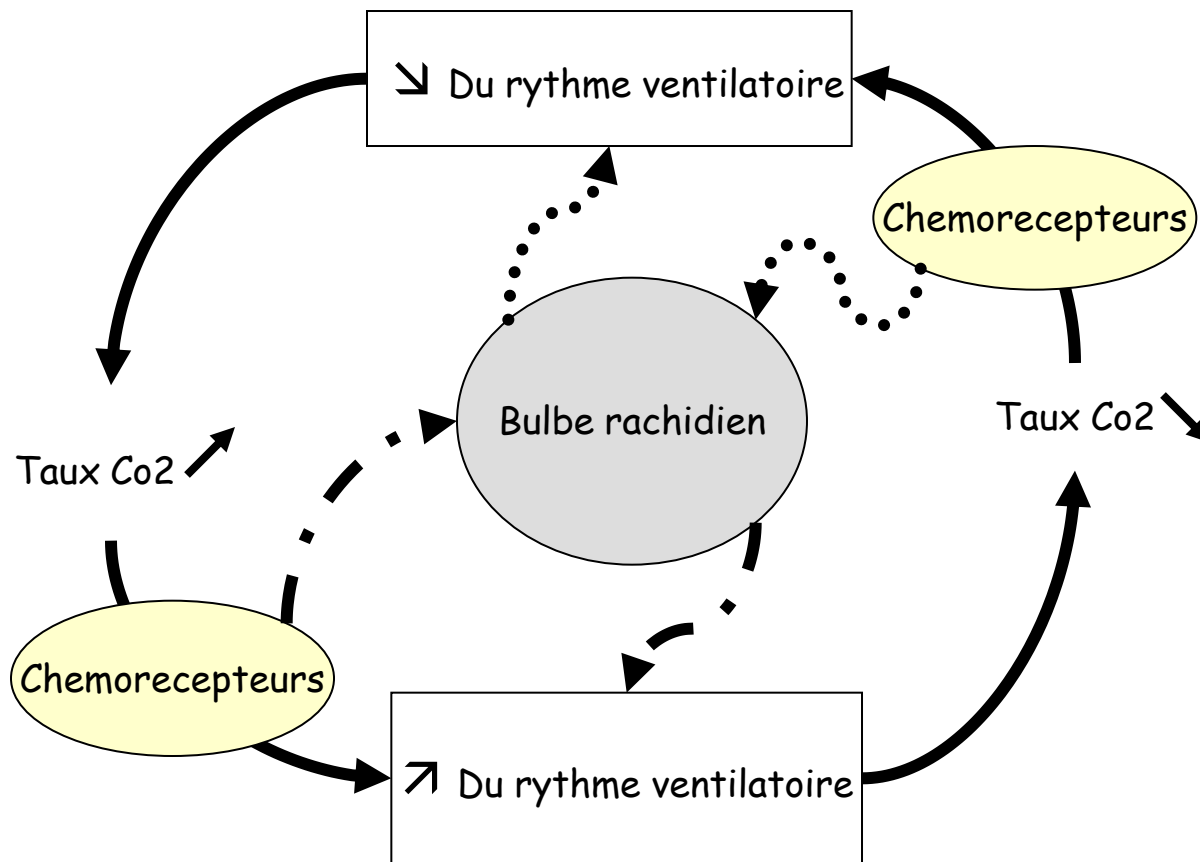
- relâchement du diaphragme et des muscles intercostaux.
- Retour des viscères vers le haut.
- diminution du volume de la cage thoracique qui va provoquer une vidange des poumons.



La motricité pulmonaire est un mouvement réflexe gérée de façon autonome par le système nerveux central. (Bulbe rachidien)

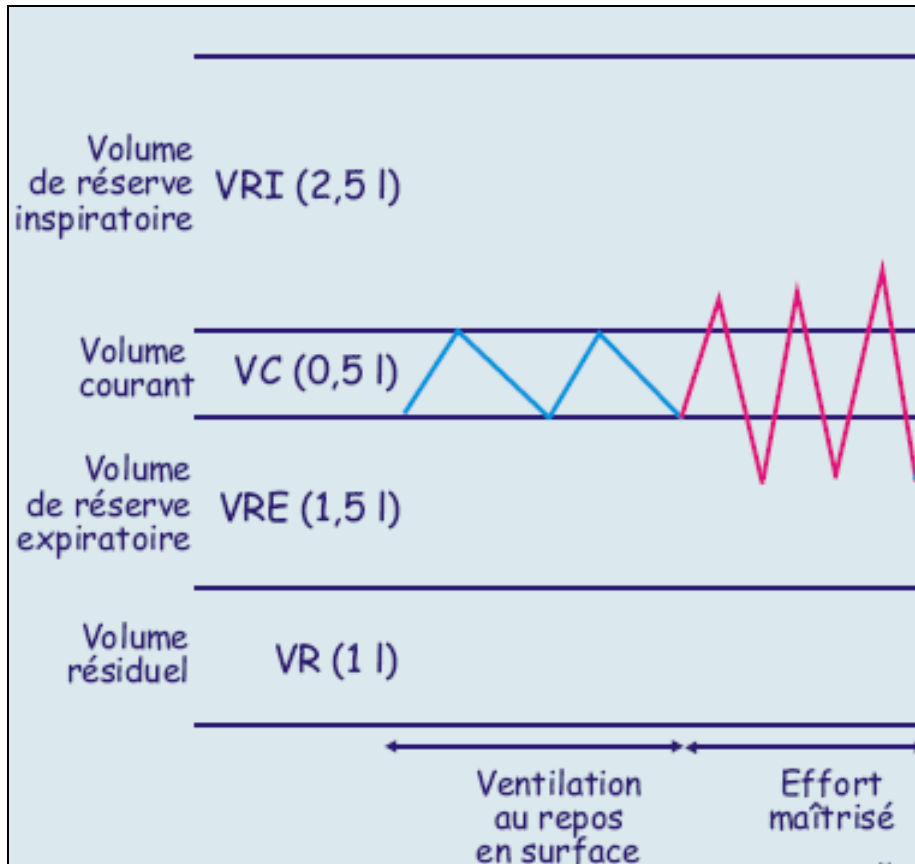
Le système nerveux autonome contrôle et régule les fonctions respiratoires, circulatoires, digestives, urogénitales et hormonales

La régulation des gaz présents dans le sang



Les taux de dioxygène (O_2) et de dioxyde de carbone (CO_2) sanguins sont en permanence contrôlés par des chémorécepteurs. Ceux-ci communiquent avec le bulbe rachidien qui va réguler notre ventilation afin de corriger des variations qui pourraient être néfastes à l'organisme (il faut se rappeler que le CO_2 est un déchet du métabolisme cellulaire !!!).

Les capacités pulmonaires



Capacité pulmonaire :

environ 4,5 à 6 l variant selon l'âge et le sexe.

Les capacités pulmonaires :

- Capacité totale : $VC + VRE + VRI + VR$
- capacité vitale : $VC + VRI + VRE$
- Capacité inspiratoire : $VC + VRI$
- capacité expiratoire : $VC + VRE$

- La fréquence ventilatoire : 15 à 20 mouvements/min.
- Le débit ventilatoire : 7,5 à 10 l/min.
- A l'effort, le débit ventilatoire peut atteindre 100 à 120 l/min.

Les échanges gazeux

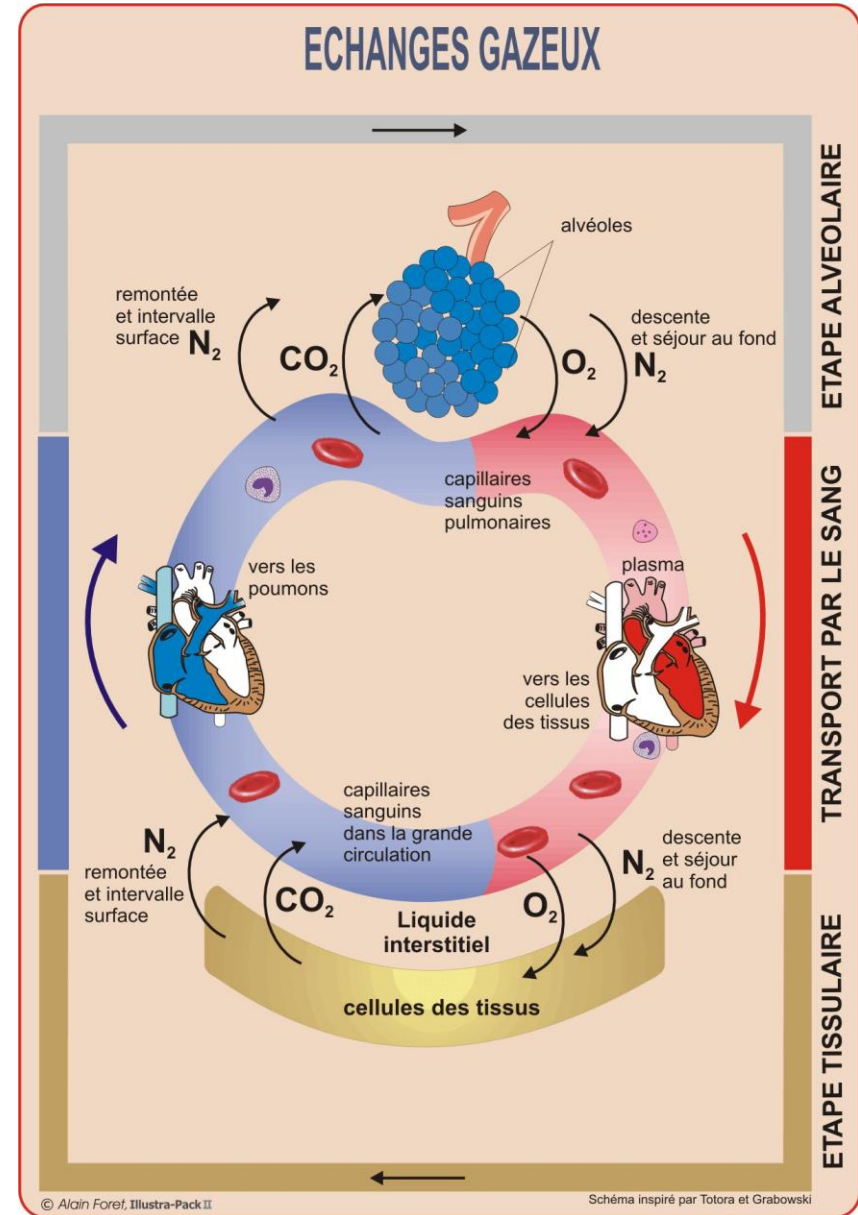
Respiration :

- Respiration externe : O_2 alvéole → sang
 CO_2 sang → alvéole
- Respiration interne : O_2 sang → cellules
 CO_2 cellules → sang

La composition de l'air alvéolaire :

Gaz	Atmosphère Au niveau de la mer		Alvéoles	
	%	Pp gaz (bar)	%	Pp gaz (bar)
N_2	79	0.79	75	0.6
O_2	20	0.20	13.7	0.14
CO_2	0.03	traces	5.2	0.05

Le gaz alvéolaire est en fait un mélange de gaz inspirés et de gaz demeurés dans les volumes morts anatomiques entre les ventilations.



La perte de connaissance liée à l'apnée...

Rappel : L'apnée, c'est la suspension, volontaire ou non de la respiration. Cela signifie que notre corps ne va fonctionner qu'avec le dioxygène présent dans notre corps avant l'apnée et que, durant tout le temps d'apnée, notre corps ne va pas pouvoir évacuer le dioxyde de carbone produit.

En pêche sous-marine, nous ne sommes pas dans les conditions de l'apnée statique où les mouvements sont réduits au maximum et le stress maîtrisé. Pour nous, la dépense énergétique va être énorme, que cela soit lié à l'effort physique intense du palmage, au froid, au stress, à l'excitation, etc. Cela veut dire que notre consommation en dioxygène va être très importante et le rejet de dioxyde de carbone aussi, sans que les variations du rythme ventilatoire puisse réguler le tout.

Si l'apnée est trop prolongée, il y a risque de perte de connaissance...

LA PERTE DE CONNAISSANCE HYPOXIQUE...

La perte de connaissance hypoxique

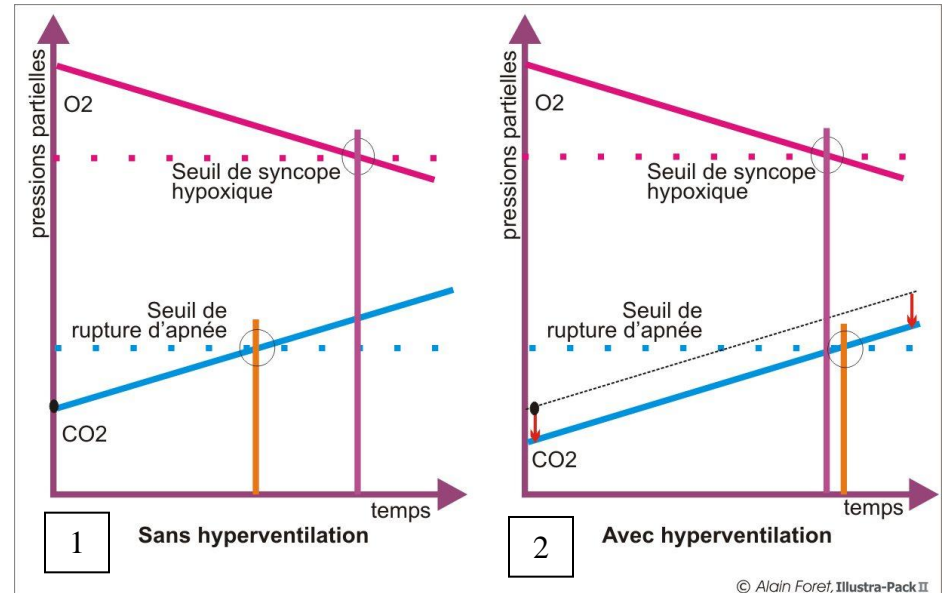
Elle est liée à nos systèmes de régulation. Si ceux-ci mesurent un taux de dioxygène sanguin au niveau du cerveau trop bas, ils le mettent en veille et l'arrêt de toutes les fonctions autres que vitales permet d'économiser le dioxygène restant.

Lors d'un effort, nos muscles vont consommer du dioxygène pour fonctionner et rejeter du dioxyde de carbone comme déchet du fonctionnement.

Cela signifie que les pressions partielles en O₂ (PO₂) et en CO₂ (PCO₂) vont varier, la première va diminuer et la seconde augmenter (voir schéma ci-contre).

Dans le cas d'un effort à l'air libre, avec ventilation possible, la régulation va se faire par l'intermédiaire du bulbe rachidien qui va adapter notre ventilation.

Dans le cas d'un effort en apnée, cette régulation ne va pas avoir lieu.



Cela signifie que nos PO₂ et PCO₂ vont évoluer jusqu'à atteindre des seuils critiques si l'apnée se prolonge.

En temps normal (courbe 1), le seuil de rupture d'apnée lié au CO₂ apparaît avant le seuil critique lié au O₂. Voilà pourquoi nous ressentons une réelle envie de ventiler. Si nous poussons alors l'apnée, nous atteignons le seuil de syncope hypoxique et nous perdons connaissance.

Dans le cas d'une hyperventilation (courbe 2), nous abaissons la PCO₂ sanguine avant effort, le signal CO₂ de rupture d'apnée est retardé d'autant, **c'est le seuil de syncope hypoxique qui est le premier atteint.**

L'hyperventilation est TRES dangereuse !!!

La perte de connaissance ne survient que très rarement par surprise, l'apnéiste et son entourage peuvent, s'ils sont vigilants, en détecter les signes avant coureurs...

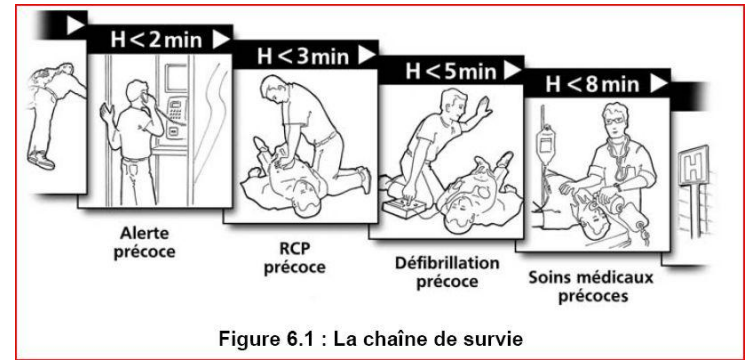
Les signes pré-syncopaux perceptibles par l'apnéiste:

Avant l'apnée	<ul style="list-style-type: none"> •Picotements dans les extrémités •Sensations de flottement •Excitation importante
Au fond	<ul style="list-style-type: none"> •Sensation de confort inhabituel •Disparition de l'envie de respirer ou de remonter
À la remontée	<ul style="list-style-type: none"> •Lourdeur ou chaleur dans les muscles des cuisses y compris en surface •Petits troubles visuels étoilés ou d'obscurcissement •Confort prolongé ou au contraire difficulté anormale

Les signes pré-syncopaux observables par les équipiers:

Au fond	<ul style="list-style-type: none"> Durée excessive, absence de mouvements Relâchement anormal Lâcher de bulles Tremblements
À la remontée	<ul style="list-style-type: none"> Largage de la ceinture et précipitation Ne répond pas au signal particulier convenu avant l'immersion Tremblements désordonnés Arrêt de palmage Coloration du visage et des lèvres anormale Ne répond pas au signe conventionnel « tout va bien ? » Lâcher de bulles Regard vide Le plongeur qui arrête sa propulsion et se met à couler
En surface	<ul style="list-style-type: none"> Coloration anormale des lèvres Pas de reprise active de la respiration par expulsion de l'eau du tuba Pas d'enchaînement respiratoire perceptible (son ou mouvement) Tremblements Inertie ou redescente vers le fond si le lestage est excessif, ou si l'inconscience survient après l'expiration

Intervenir Lors d'une syncope



- **Identifier le problème.**
- **Remonter le syncopé le plus vite possible en lui maintenant les voies aériennes fermées (si le syncopé est lesté, larguer le lest pour faciliter la remontée).**
- **Retirer le masque du syncopé dès l'émersion, avant le basculement.**
- **Solliciter le syncopé afin d'évaluer sa conscience. Si inconscience, fermer la bouche du syncopé et insuffler 2 fois de l'air au syncopé par le nez.**
- **Donner l'alerte en tapant sur l'eau, en hurlant et cela face aux secours éventuels.**
- **Remorquer le syncopé et l'extraire du milieu le plus vite possible.**
- **Mettre en œuvre le plus vite possible les techniques de secourisme adaptées à la situation (cf RIFA-PSM).**
- **Surveiller le syncopé jusqu'à l'arrivée des secours.**

**Quelle que soit l'urgence, évitez la précipitation !!!
Elle nuira à votre efficacité et pourra même être dangereuse !!!**

APPROVISIONNER NOTRE ORGANISME EN NUTRIMENTS



L'alimentation du sportif...

Tout comme pour les personnes plus sédentaires, l'alimentation du sportif doit avant tout être équilibrée.

Manger équilibré, c'est manger *équilibré en qualité* (aliments variés apportant tous les nutriments nécessaires) et *équilibré en quantité* et ce, *en fonction de ses besoins énergétiques*.

La consommation énergétique du muscle est particulièrement importante lors d'un effort. Le sportif devra donc majorer sa consommation en éléments énergétiques ainsi qu'en vitamines et sels minéraux (en effet, en transpirant, même sous l'eau, il perd beaucoup de sels minéraux).



La présence de petites collations sera nécessaire sur l'ensemble de la journée afin d'assurer un apport en nutriments et micro-nutriments régulier sans surcharger la digestion. Ces collations vont aussi permettre de refaire le plein d'énergie avant et après l'effort afin de favoriser une bonne performance et une bonne récupération.

L'alimentation du sportif...

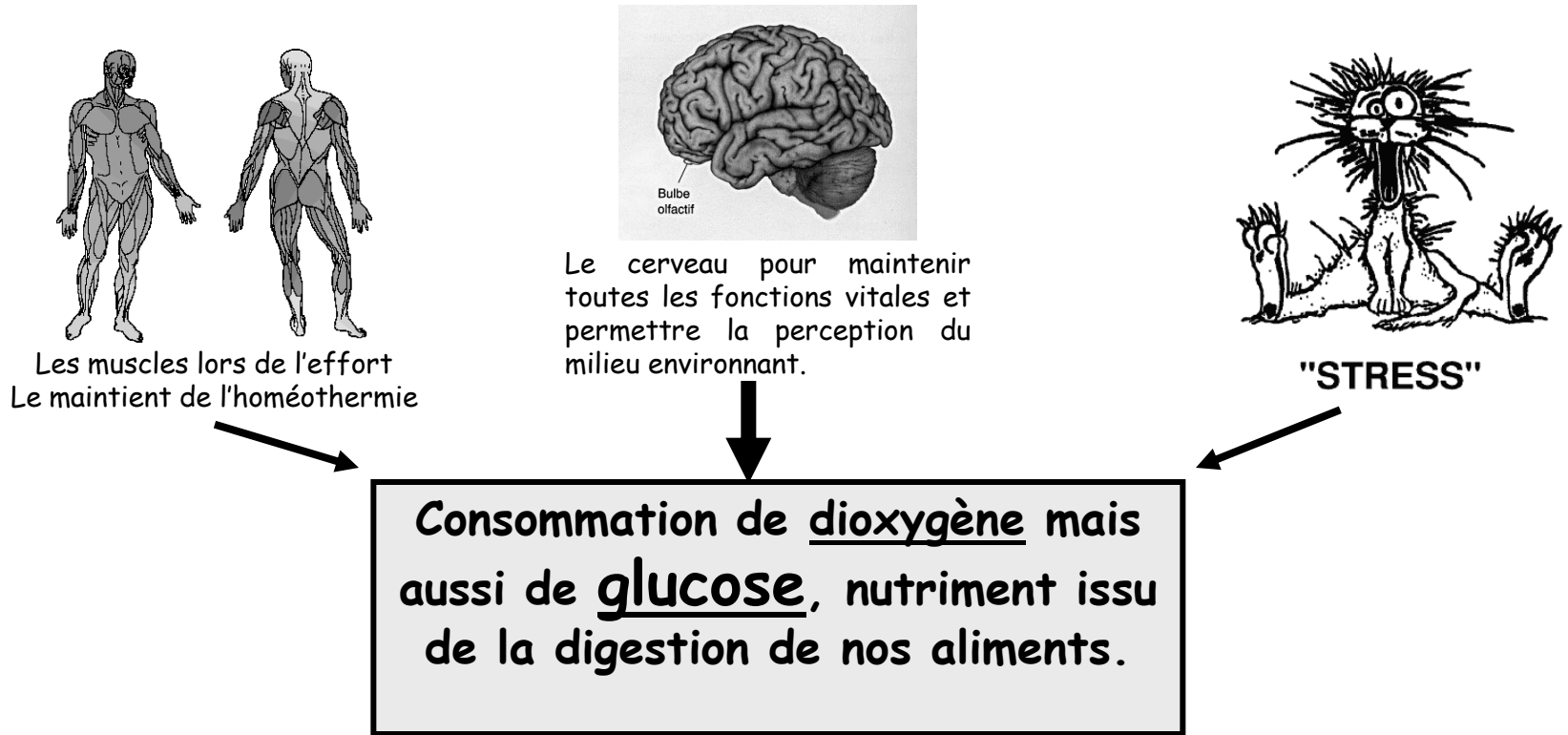
L'autre point fondamental de la ration du sportif sera l'apport hydrique qui devra être largement majoré pour deux raisons essentielles :



1. Permettre le maintien d'une bonne hydratation de l'organisme tout en sachant que les pertes sudorales du sportif peuvent être très importantes. Ces pertes en eau sont accompagnées de pertes minérales importantes elles aussi. On veillera donc à boire régulièrement tout au long de la journée y compris pendant l'effort (perdre 1 % de son poids de corps en eau durant l'effort entraîne une perte d'efficacité musculaire de 10 %). Afin donc d'assurer une bonne couverture hydrique et minérale on consommera des eaux plus ou moins riches en minéraux
2. La consommation d'eau va permettre l'élimination des "déchets" par les reins. La production de déchets étant bien évidemment accrue en période d'activité physique intense.

L'eau peut aussi être un vecteur efficace d'apport d'élément énergétique durant un effort (cf. boissons énergétiques)

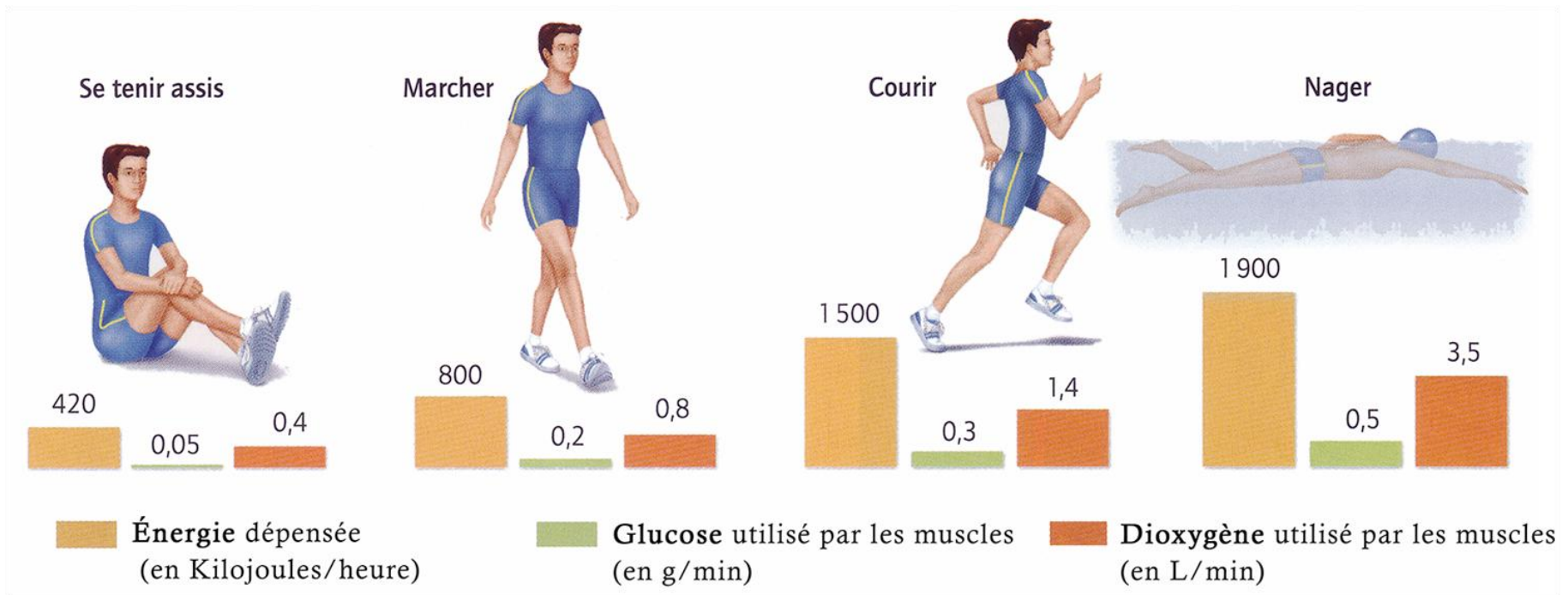
La perte de connaissance hypoglycémique...



Le glucose étant avec le dioxygène l'élément essentiel pour le fonctionnement de notre cerveau, si le stock de glucose présent dans notre sang baisse de manière trop importante parce que l'effort physique ou d'attention se prolonge et que l'alimentation a été mal pensée avant cet effort, l'apnéiste va se sentir faiblir, il n'a « plus de gaz », puis le cerveau se met en veille et stoppe toutes les fonctions non vitales.

Il y a alors perte de connaissance !!!

La production d'énergie par notre organisme



Les filières énergétiques...

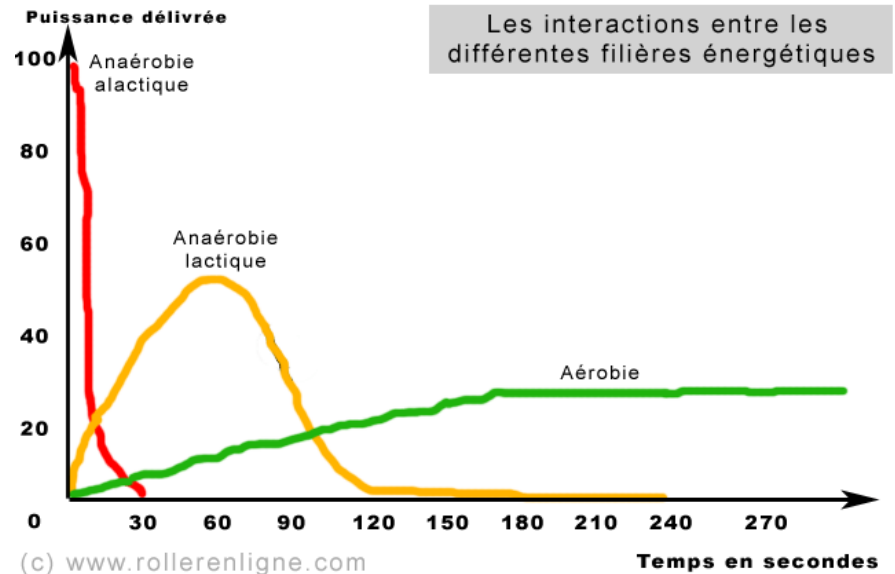
Pour fonctionner, le corps a besoin d'énergie produite en présence ou en absence de dioxygène.

Trois filières énergétiques se mettent en place lors d'un effort intense et prolongé.

- La filière anaérobie alactique
- La filière aérobie
- La filière anaérobie lactique

Chacun de ces 3 systèmes est caractérisé par :

- **Son délai** d'intervention
- **Sa puissance**, c'est à dire la quantité maximale d'énergie produite par unité de temps, exprimée en watts
- **Sa capacité**, qui est la réserve d'énergie disponible en calories
- **Ses facteurs limitants**



Les filières énergétiques...

La filière anaérobie alactique :

Effort court réalisé sans consommation d'O₂ et permis par les seules réserves des muscles actifs. Cet effort ne produit pas d'acide lactique.

délai d'intervention : nul
Source d'énergie : ATP+CP (créatinephosphate)
puissance: très élevée
Capacité : très faible
Durée : 20''
Facteur limitant : épuisement des réserves.

La filière aérobie :

La production d'énergie se fait en présence d'O₂ à partir des réserves corporelles et sans production d'acide lactique. Cette filière permet des efforts longs seulement limités par la VO₂max (consommation max d'O₂ par un individu).

délai d'intervention : 2 à 3'
Source d'énergie : lipide-glucide
puissance: peu élevée
Capacité : très élevée
Durée : théoriquement illimitée
Facteur limitant : épuisement du glycogène.

La filière anaérobie lactique :

La production d'énergie se fait en l'absence d'O₂ et avec production d'acide lactique (facteur limitant du système).

Cette filière fait suite à l'anaérobie alactique si l'effort se prolonge ou à l'aérobie si l'effort devient submaximal (au delà de la VO₂max).

délai d'intervention : 20 à 30''
Source d'énergie : glucose
puissance: élevée
Capacité : faible
Durée : 2'
Facteur limitant : acide lactique.

Entraînement et filières énergétiques...

La connaissance de ces mécanismes va permettre à l'initiateur de préparer des entraînements faisant intervenir ces différentes filières en jouant sur l'intensité ou la durée des différents exercices mais aussi en agissant sur les périodes de récupération.

Pourquoi s'entraîner ?

Buts de l'entraînement physique :

- Reculer le plus possible l'entrée en action de la filière anaérobie, responsable de la fatigue musculaire.
- Lorsque la limite est franchie, augmenter la tolérance de l'organisme à cette fatigue musculaire.

Les moyens :

- Travailler l'**endurance**, c'est à dire entraîner le corps à fonctionner avec de l'oxygène (en AEROBIE).
- Travailler la **résistance**, c'est à dire entraîner le corps à tolérer un fonctionnement sans oxygène (en ANAEROBIE LACTIQUE).

Ainsi, lorsqu'on s'entraîne régulièrement sur le plan physique, le corps met en place des mécanismes plus ou moins complexes permettant de répondre à la demande : adaptation du cœur et de la circulation sanguine pour améliorer le transport de l'oxygène, augmentation de l'efficacité des muscles, meilleure utilisation des réserves en énergie du corps...

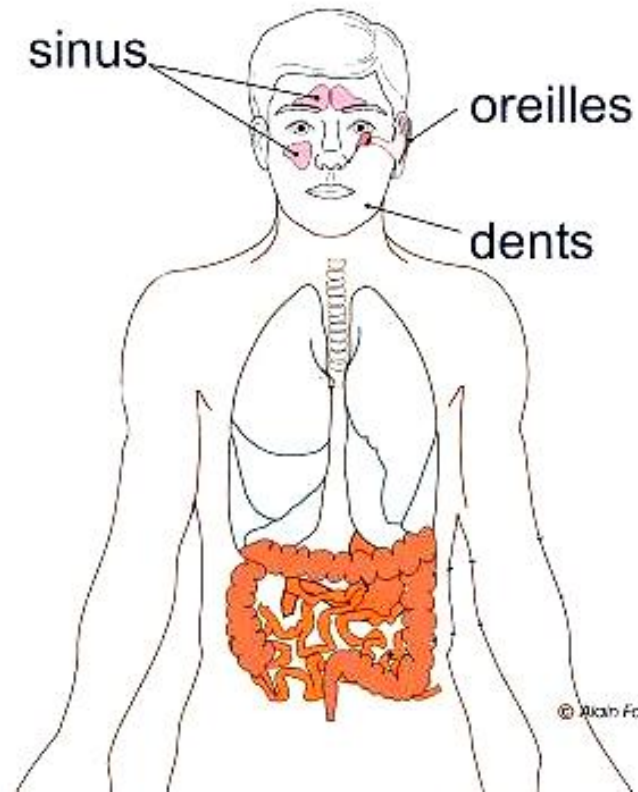
effort musculaire

FC max.	200	ANAEROBIE (alactique + lactique)	
80 %	175	MIXTE	Entraînement = résistance
60 %	150		
40 %	125	Aérobie > anaérobie lactique	Entraînement = Endurance
20 %	100		
FC repos	75		

(Valeurs très théoriques, pour un sportif moyen)

Les barotraumatismes

- Rappels
- Les oreilles
- Les sinus
- Les dents



Rappels sur les lois physiques

La pression en surface est de 1 bar.

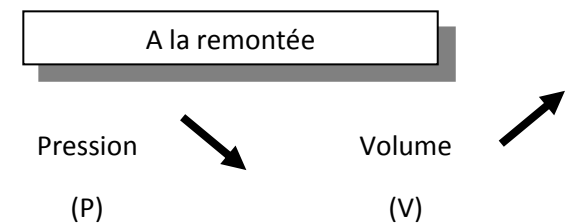
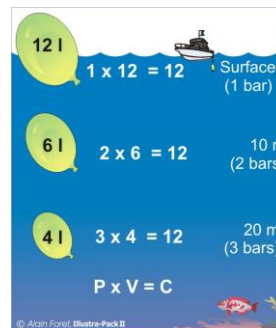
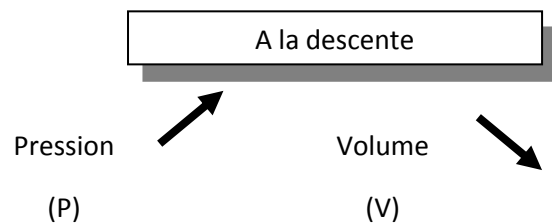
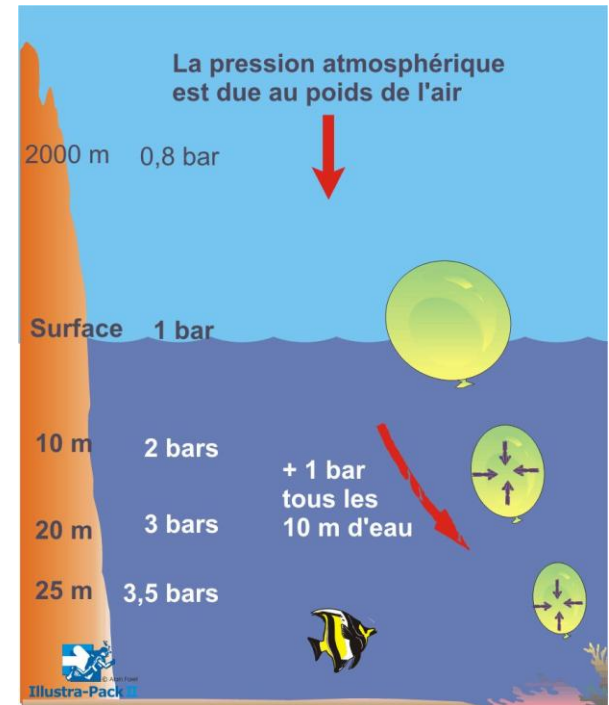
La pression augmente avec la profondeur à raison de 1 bar tous les 10 mètres.

C'est donc dans les 10 premiers mètres de la descente que la variation de pression va être la plus forte (doublement), c'est donc là que les effets de cette variation de pression vont être les plus ressentis.

La loi de BOYLE – MARIOTTE :

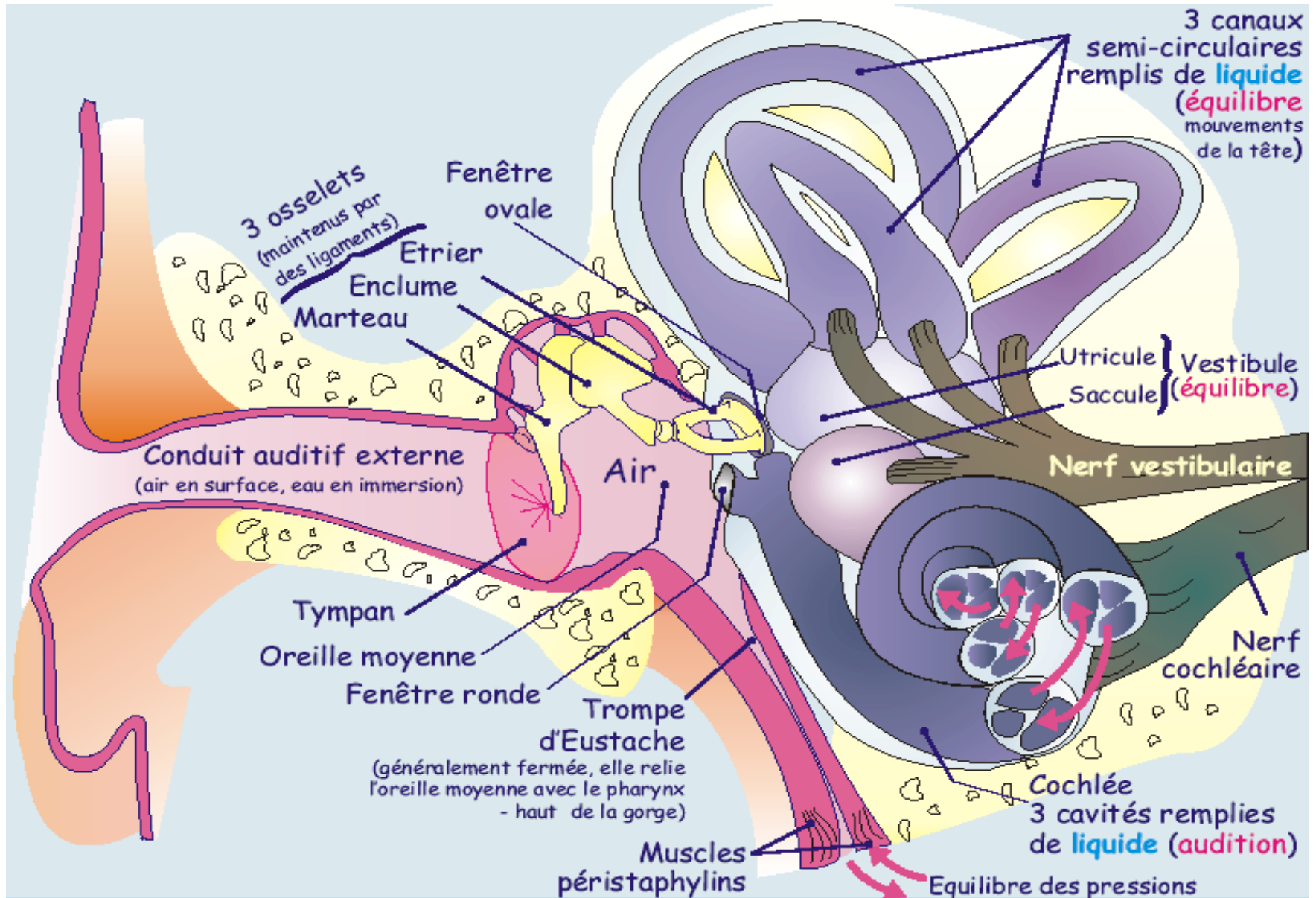
« A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit. ».

Cela va entraîner que plus on va descendre et plus le volume des poumons va diminuer.



En tant qu'apnéiste mais aussi et surtout en tant que futur encadrant d'une discipline se déroulant en immersion, vous devez impérativement connaître les problèmes de santé liés aux variations de pression.

L'oreille : schéma général



L'oreille



Le tympan

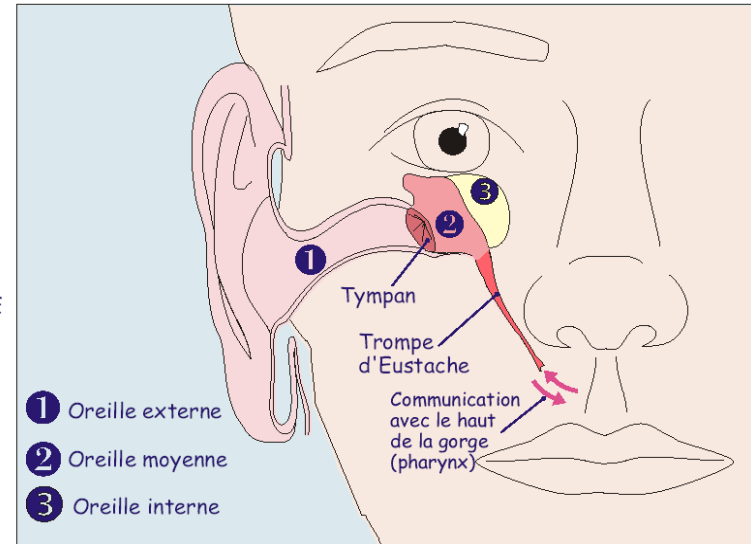


AUDITION
EQUILIBRE
ORGANE FRAGILE



Les oreilles (rappel)

présentation schématique



Gestion de l'audition :

Conduit auditif / Tympan / Chaîne des osselets / fenêtre ovale / cochlée.

➤ nerf cochléaire : transmission d'informations sur les sons au cerveau.

Gestion de l'équilibre :

Vestibule (utricle et saccule).
Canaux semi-circulaires.

➤ nerf vestibulaire : transmission d'informations sur l'équilibre au cerveau.

Problèmes en apnée

➤ La pression :

A l'extérieur:

✓ Action sur le Tympan :
inflammation (otites barotraumatiques),
déchirure jusqu'à rupture du tympan.

A l'intérieur:

✓ Coup de piston : Lésion + ou -
importante au niveau de l'oreille moyenne
(entorse des ligaments des osselets,
lésions des fenêtres rondes et/ou ovales,
le tympan.)

✓ Différence de pression entre les 2
oreilles : Vertige alerno-barique.

➤ L'eau : Risques microbiologiques (otites).

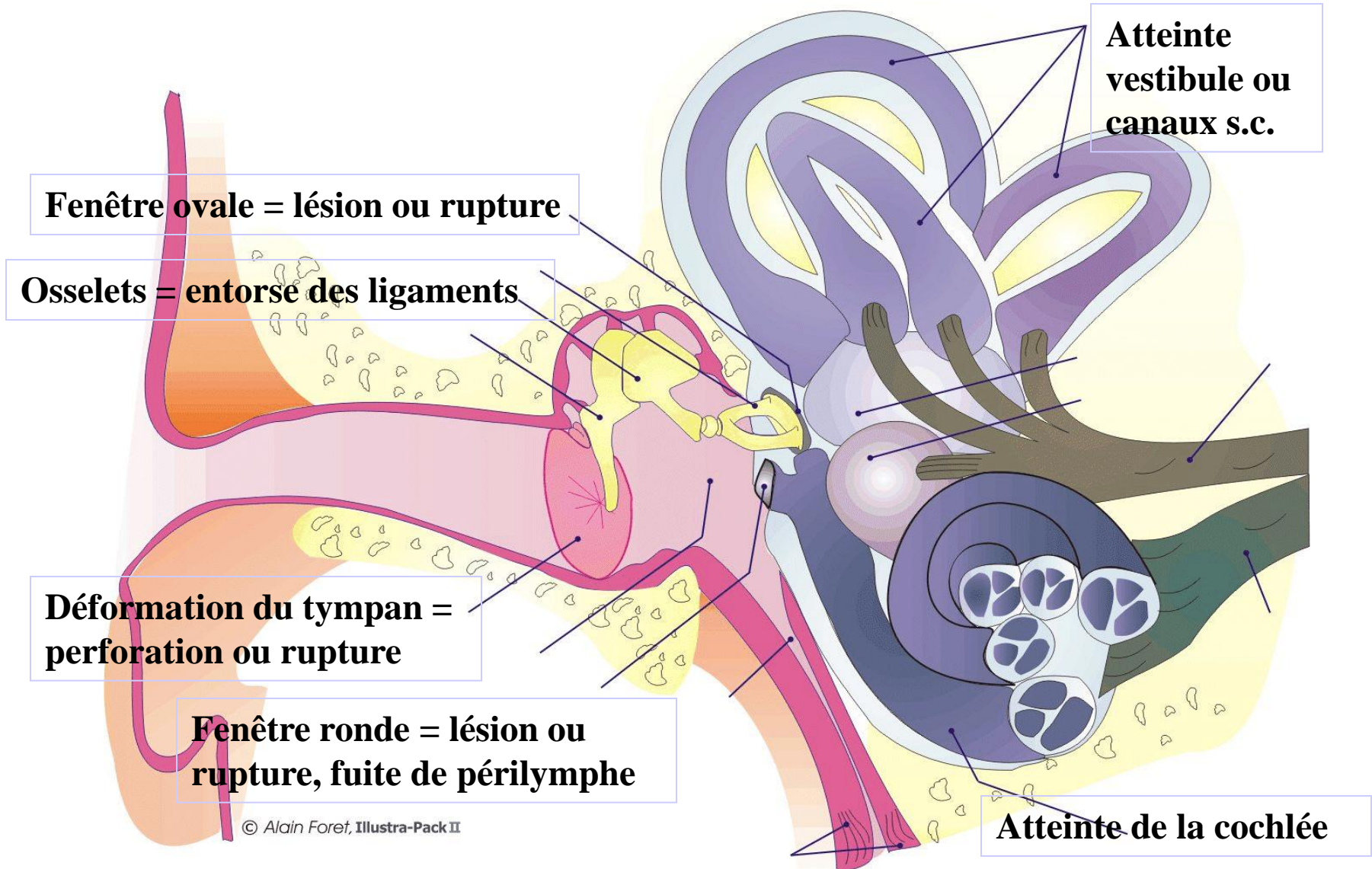
Symptômes

- ✓ douleurs à l'oreille
- ✓ saignement
- ✓ perte d'audition
- ✓ perte d'équilibre
- ✓ vertiges
- ✓ nausées
- ✓ acouphènes (sifflements)
- ✓ bourdonnements

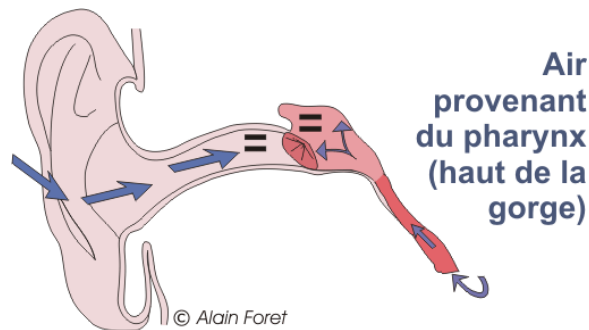
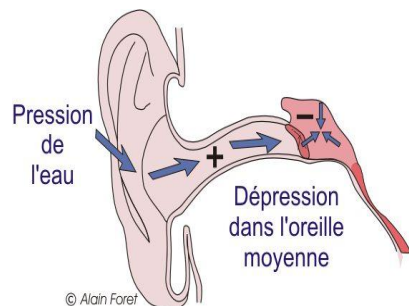
Conduite à tenir

Consulter un médecin spécialiste (ORL) en urgence
ou un médecin fédéral

Barotraumatisme de l'oreille : ENDROITS POUVANT ETRE ATTEINTS



L'oreille : la compensation



A LA DESCENTE :

- La pression augmente (+) dans le conduit auditif
- La pression dans l'oreille moyenne est la même qu'en surface donc (-).
- **On ressent tout d'abord une gêne puis la douleur augmente.**

il faut donc insuffler de l'air par la trompe d'Eustache pour rétablir l'équipression et ainsi soulager le tympan.

MAIS...

La trompe d'eustache est généralement fermée empêchant l'air du pharynx de parvenir dans l'oreille moyenne.

A LA REMONTEE :

- La pression diminue
- L'excès d'air dans l'oreille moyenne s'évacue naturellement.
- **Les pressions s'équilibrent naturellement de part et d'autre du tympan.**

Utilisation

*d'une technique
de compensation*

Les différentes méthodes d'équilibrage des oreilles

NOM	Action	Résultat
Vasalva	Fermer la bouche Boucher le nez en le pinçant Souffler par le nez	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surpression dans l'oreille moyenne d'origine pulmonaire ➤ Réalisation : facile ➤ Risque de coup de piston ➤ Ne pas faire de Vasalva à la remontée
Frenzel	Coup de piston lingual (langue plaquée au palais en prononçant :le son KE)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Surpression d'origine rhino-pharyngée. ➤ Réalisation assez difficile ➤ Méthode non traumatique
B.T.V Béance tubulaire volontaire	Mouvement avant de la mâchoire inférieure	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Equipression ➤ Facile à réaliser selon la morphologie des trompes d'eustache ➤ Méthode non traumatique ➤ Laisse les 2 mains libres pendant la descente
Toynbee	Déglutir	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dépression ➤ Réalisation facile ➤ Manœuvre utile en cas de surpression de l'oreille moyenne à la remontée

Les différentes méthodes d'équilibrage des oreilles

Schéma sans légende

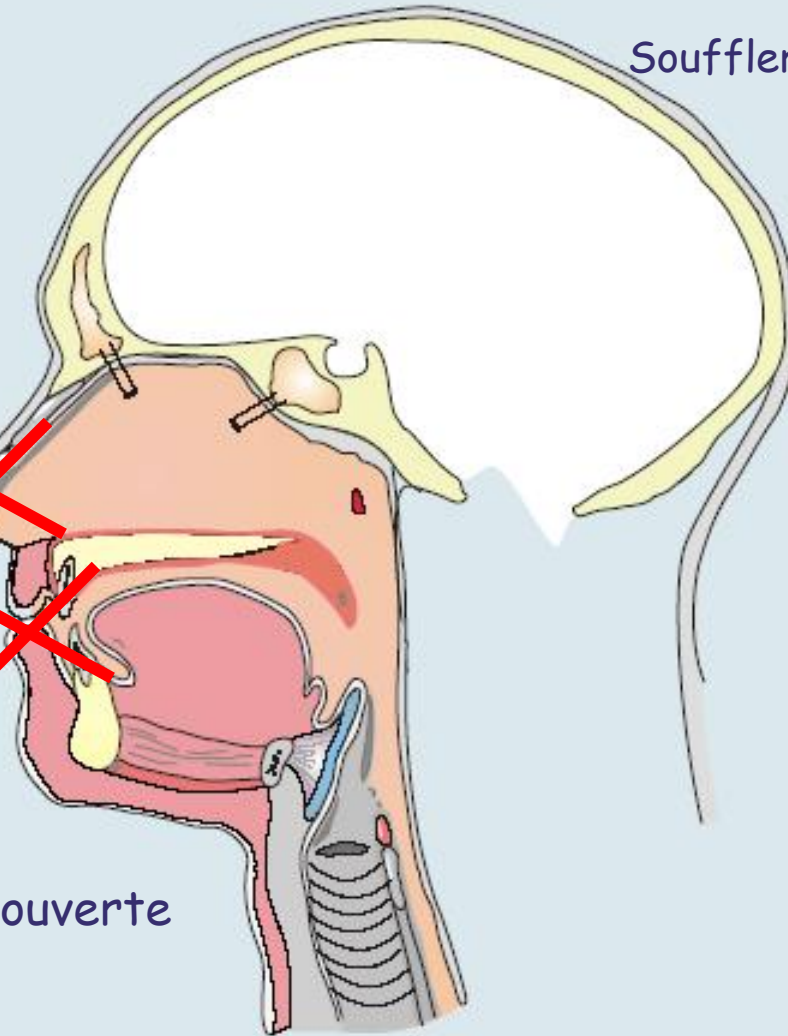
Vaslva

Souffler par le nez

~~Nez pincé~~

~~Bouche fermée~~

Glotte ouverte



Les différentes méthodes d'équilibrage des oreilles

Schéma sans légende

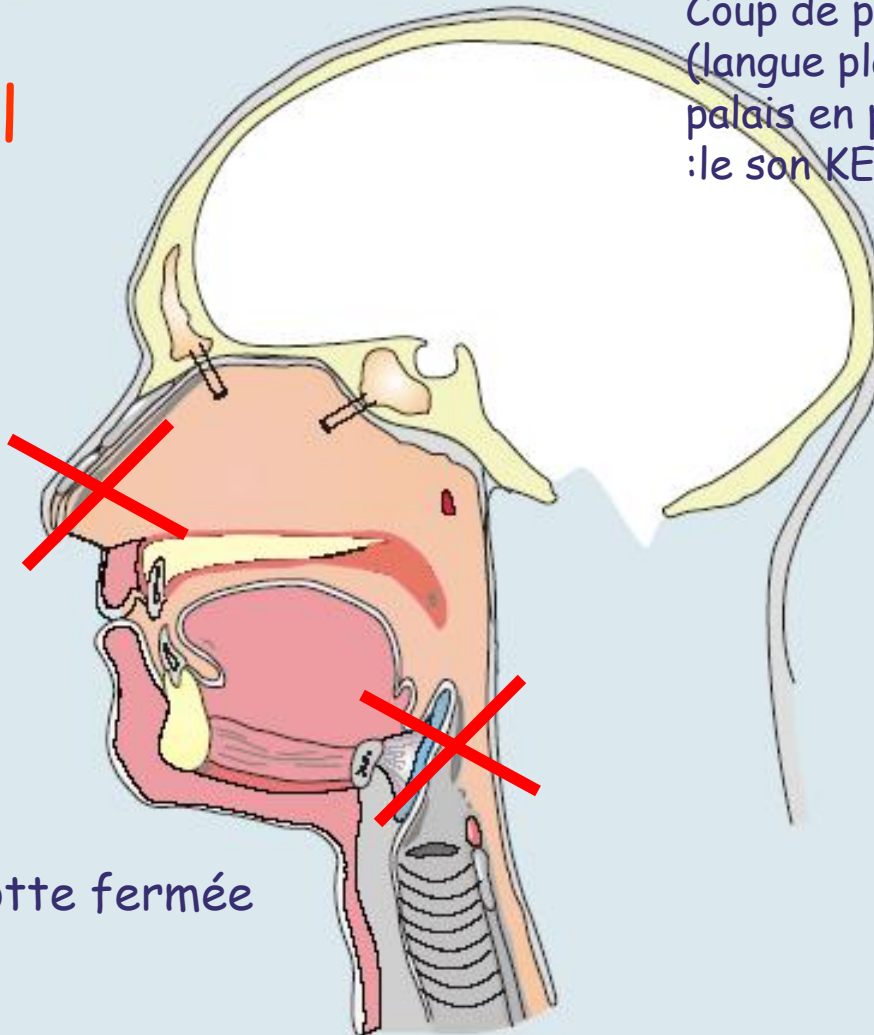
Frenzel

Coup de piston lingual
(langue plaquée au
palais en prononçant
:le son KE)

Nez pincé

Bouche
libre

Glotte fermée



Les différentes méthodes d'équilibrage des oreilles

Schéma sans légende

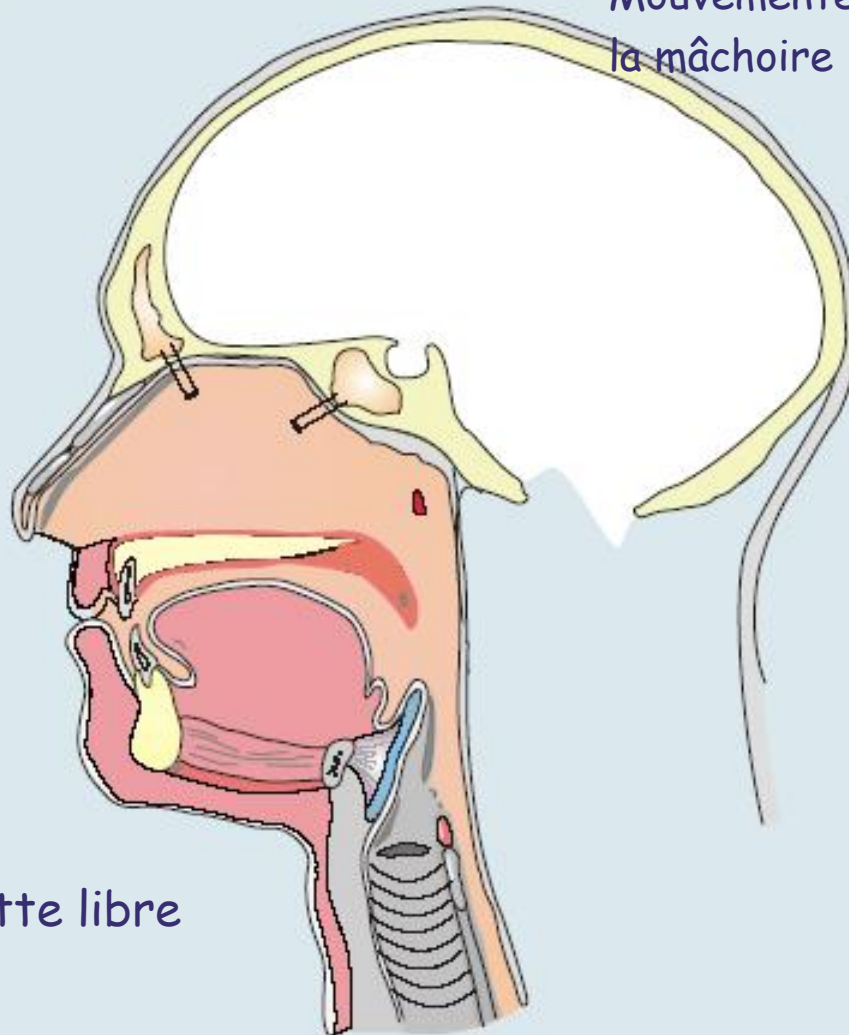
B.T.V.

Mouvement avant de
la mâchoire inférieure

Nez libre

Bouche libre

Glotte libre

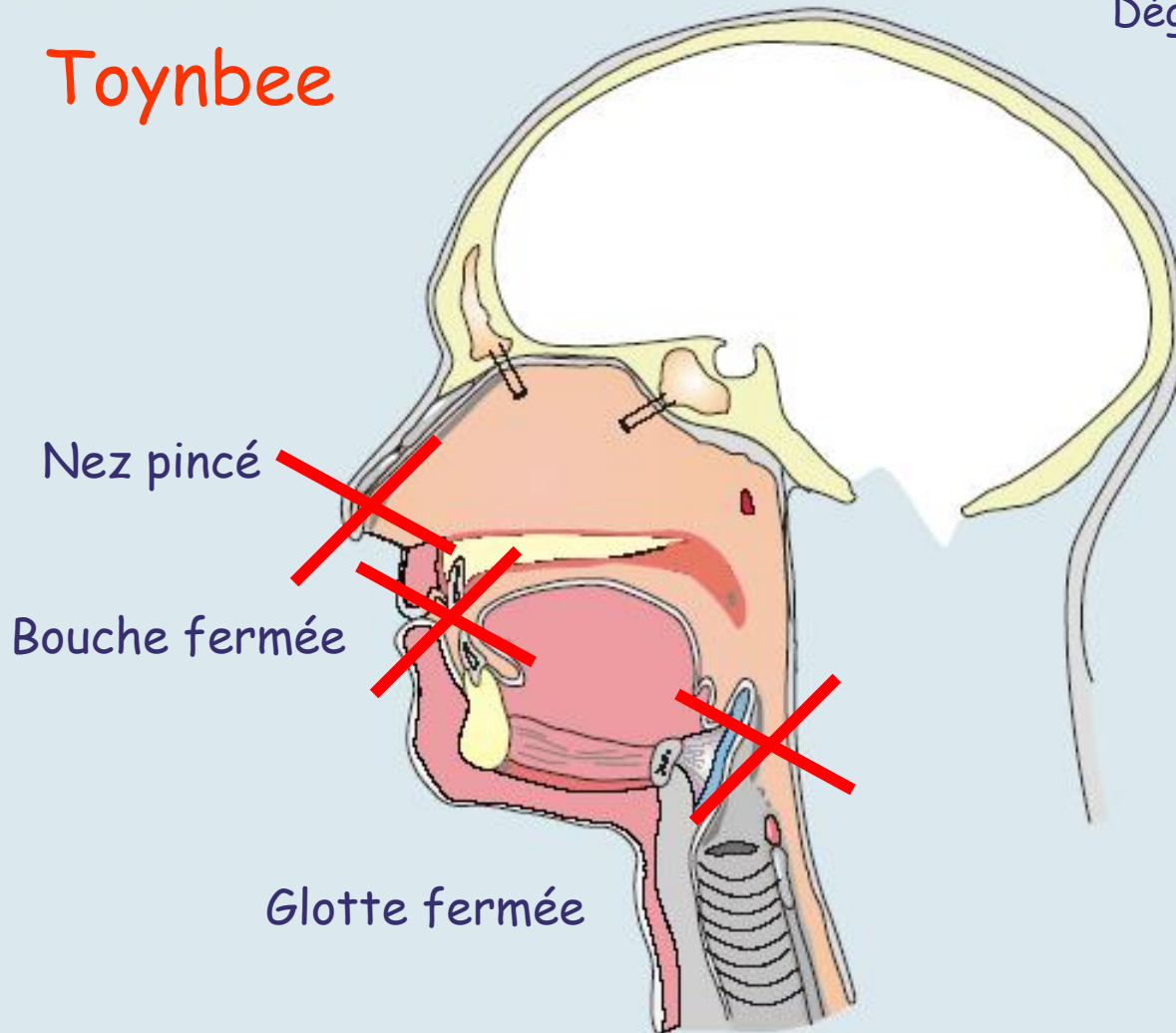


Les différentes méthodes d'équilibrage des oreilles

Schéma sans légende

Déglutir

Toynbee



Nez pincé

Bouche fermée

Glotte fermée

VERTIGE ALTERNOBARIQUE

CAUSE :

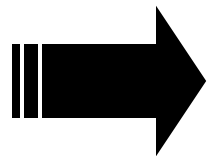
➤ manque de perméabilité de l'une des deux trompes d'eustache



➤ donc retard d'équilibre des pressions dans l'une des deux oreilles moyennes.

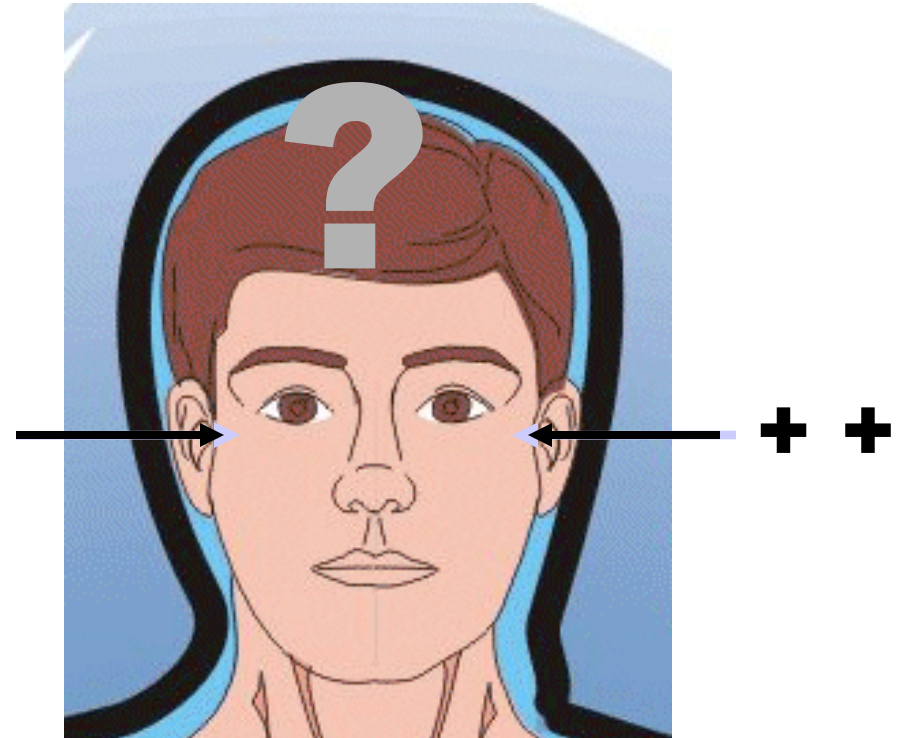


➤ Les informations transmises à l'oreille interne ne sont plus symétriques



- **Vertiges**
- **Désorientation**
- **Malaise**

+ +
+ +

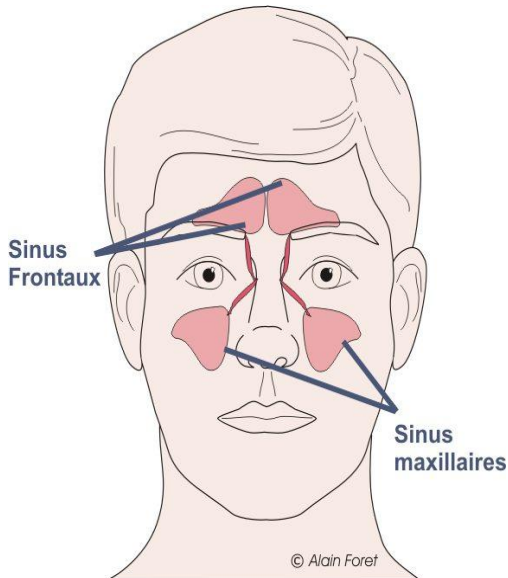


CONDUITE A TENIR:

- Déglutir
- Signaler son problème aux autres.

Barotraumatisme des sinus :

Les sinus sont des cavités incompressibles tapissées d'une muqueuse.



CAUSES :

- Obstruction de l'ostium
- Malformation anatomique

SYMPTOMES :

- Barre frontale
- Douleur vive
- Saignement de nez

CONDUITE A TENIR :

- Si douleur a la descente, stopper la plongée
- Méthode de Toynbee si besoin
- Si problème après la plongée consulter un médecin ORL ou un médecin fédéral

PREVENTION :

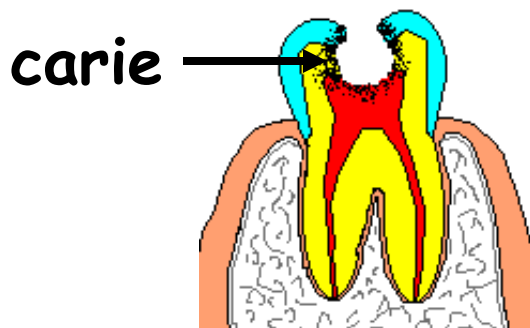
- Ne pas insister si ça ne passe pas
- Se rincer les fosses nasales régulièrement
- Et surtout ne pas plonger enrhumé

Barotraumatisme des dents



A la descente ou à la remontée :

Micro fissures (caries ou plombages défectueux) qui contiennent de l'air ; variations de pression et donc de volume près du nerf de la dent



CONDUITE A TENIR :

- Arrêter la plongée
- Remonter très lentement

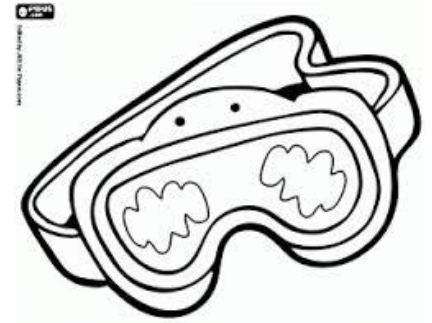
SYMPTOMES :

- Douleurs
- Saignement
- Eclatement de la dent

PREVENTION :

- Consulter un dentiste chaque année en lui précisant que vous êtes plongeur

Le placage de masque



CAUSE :

Lors de la descente, en application de la loi de Mariotte, le volume intérieur du masque diminue avec l'augmentation de la pression. La jupe souple du masque permet d'accompagner ce mouvement jusqu'à sa limite d'élasticité. Une fois celle-ci atteinte, le volume ne peut plus diminuer et la dépression créée va provoquer un éclatement des petits vaisseaux sanguins (capillaires) situés autour de l'orbite oculaire par un effet de ventouse.

EFFETS :

La dépression crée une vive douleur aux yeux et s'accompagne de troubles visuels. Si elle augmente, les yeux sont injectés de sang, les paupières gonflent et deviennent violacées. À l'extrême, les veines peuvent éclater, ce qui provoque le phénomène sans gravité de « l'œil au beurre noir »¹. Parfois une gêne, des troubles de la vision, une épistaxis, voire une douleur plus ou moins vive accompagnent cet accident. Néanmoins, la plupart du temps, il reste indolore et le plongeur s'en rend compte en fin de plongée à cause des hématomes oculaires.

PREVENTION :

Il faut, lors de la descente, souffler par le nez de temps à autre, afin de rajouter un peu d'air dans le masque, ce qui aura pour effet de le décoller du visage.

Rendez-vous syncopal des sept mètres

- Lors de la descente, la pression ambiante est communiquée à tout le corps. Ainsi, et en vertu de la loi de Henry, l'oxygène de l'air des poumons va se dissoudre dans le sang et se répandre plus rapidement dans l'organisme, donnant une impression de bien-être au plongeur. Or, pendant la remontée, le taux d'oxygène dans le sang va brusquement chuter car celui-ci reprend sa forme gazeuse tandis que le corps continue à consommer de l'oxygène. Entre 10 et 5 mètres sous la surface, le phénomène s'accélère car la pression varie en proportion d'autant plus vite qu'on se rapproche de la surface. En effet, si la variation de pression est la même entre 20 et 10 mètres qu'entre 10 mètres et la surface (variation de 1 bar), dans le premier cas on passe de 3 bar à 2 bar et la pression diminue d'un tiers alors que, dans le deuxième cas, elle passe de 2 bar à 1 bar et la pression diminue alors de moitié. Le corps, en fin de plongée et ce d'autant plus que le plongeur bouge, a un intense besoin d'oxygène alors que ce dernier se raréfie. Le premier organe à réagir est le cerveau : le manque d'oxygène provoque une syncope.

Le Bloodshift

- À cinquante mètres sous l'eau, les poumons atteignent un volume de 1,5 litres (Le volume résiduel moyen) contre 6 ou 7 litres en surface (Volume moyen chez un individu mâle). Or, la cage thoracique ne peut pas se comprimer de façon illimitée. Il en résulte une dépression relative à l'intérieur de la cage thoracique. Cette dépression tend à être comblée par l'afflux de sang provenant des organes périphériques (membres inférieurs et supérieurs, région abdominale). Ce phénomène appelé *bloodshift* (ou érection pulmonaire) permet d'augmenter la résistance de la cage thoracique à la pression extérieure et évite les déchirements des muscles ou des tissus. Ce phénomène présent chez les mammifères marins est une adaptation aux grandes profondeurs. Ce phénomène, chez l'Homme, nécessite une lente adaptation par l'approche progressive de profondeurs croissantes (surtout lors de l'atteinte de profondeur ou le volume résiduel est atteint; dans notre exemple entre 40 et 50 m). Le risque majeur de la progression en profondeur lié à ces conditions physiologiques particulières est l'œdème aigu du poumon (dit OAP).