



LIVRET

COURS NIVEAU 2 DE PLONGEE



Table des matières

LA PRESSION.....	4
LA LOI DE MARIOTTE	5
LES BAROTRAUMATISMES	7
LA FLOTTABILITE.....	10
LA LOI DE DALTON.....	12
LA DISSOLUTION DES GAZ.....	14
LES TABLES FEDERALES FFESSM.....	15
LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION	19
L'ESOUFFLEMENT.....	21
LE FROID.....	23
LA NOYADE.....	24
LES ORDINATEURS DE PLONGEE.....	26
L'ORIENTATION	30
LA GESTION DE L'AIR	33
L'AUDITION DANS L'EAU.....	34
LA VISION DANS L'EAU.....	34
LE MATERIEL.....	36
REGLEMENTATION	39
ORGANISATION D'UNE PLONGEE AUTONOME	43

La pression externe exercée par le milieu ambiant entraîne la présence d'une pression interne antagoniste directement égale et opposée à la précédente. L'équilibre intérieur/extérieur est donc directement et naturellement assuré.

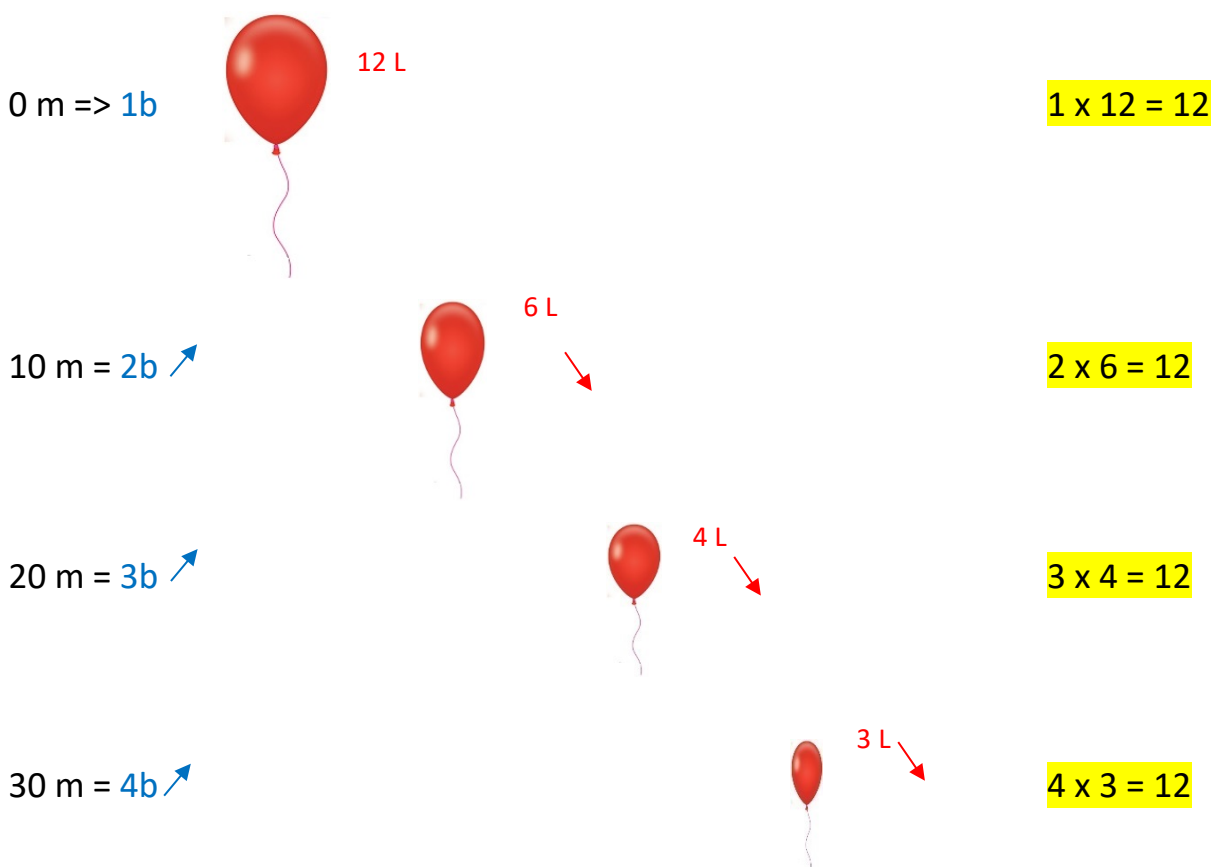
Mais notre organisme comporte aussi des cavités remplies de gaz (surtout de l'air). Il va falloir maintenir tout au long de notre immersion le même équilibre interne/externe entre les cavités pneumatiques et la pression ambiante. Le scaphandre autonome est conçu pour nous y aider.

LA LOI DE MARIOTTE

ORIGINE

Cette loi a été mise en évidence par l'abbé Edme MARIOTTE et le physicien irlandais Robert BOYLE sensiblement à la même époque. On l'appelle souvent la loi Mariotte-Boyle.

MISE EN EVIDENCE



L'expérience permet de constater que chaque fois que l'on augmente la pression, le volume d'air diminue. On observe que le produit de pression du gaz par son volume est constant :

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 = P_3 * V_3 = P_4 * V_4 = \text{Constante}$$

Dans notre exemple ci-dessus :

$$1 * 12 = 2 * 6 = 3 * 4 = 4 * 3 = 12$$

Loi de Mariotte

Définition :

À température constante, le produit de la pression et du volume d'un gaz est une constante.

APPLICATIONS ET CONSEQUENCES DE CETTE LOI EN PLONGEE :

On peut faire entrer un grand volume d'air dans un récipient rigide en augmentant la pression : le bloc de plongée permet d'emporter un volume d'air suffisant pour nous permettre de rester plusieurs dizaines de minutes en immersion.

Nous avons besoin de maintenir en permanence une pression interne dans les cavités pneumatiques de notre organisme, strictement équivalente à la pression que nous subissons en plongée. C'est le rôle du détendeur. Nos besoins ventilatoires restent à peu près constants : de 0,5 à 3 L à chaque inspiration. Nous inspirons donc de 0,5 à 3 litres d'air à pression ambiante, c'est-à-dire une quantité d'air plus importante qu'en surface.

Plus la profondeur (donc la pression ambiante) sera forte, plus la quantité d'air consommée sera importante.

Exemple :

Un plongeur consomme en moyenne 20 L/ min à la surface (pression 1bar).

Cette consommation va varier en fonction de la pression ambiante soit :

20 l/min à 1 bar = 20 l/min en surface

20 l/min à 2 bar = 40 l/min à 10 m

20 l/min à 3 bar = 60 l/min à 20 m

20 l/min à 4 bar = 80 l/min à 30 m

LES BAROTRAUMATISMES

Si nous ne maintenons pas l'équipression entre les cavités internes (remplies d'air) et la pression ambiante, il y a risque de traumatisme : ce sont les **barotraumatismes**.

MECANISME GENERAL :

Le corps humain supporte la pression à condition que toutes les parties le constituant soient à la même pression. Les éléments liquides et solides de notre organisme se placent automatiquement à la pression ambiante car ils sont physiquement incompressibles. Il n'en va pas de même pour les cavités remplies d'air ou de gaz qui eux, doivent accorder en permanence leur volume à la pression ambiante (loi de Mariotte).

Deux cas se présentent :

- ✓ L'air contenu peut communiquer avec une source d'air à pression ambiante (à la descente) et dans ce cas, le volume d'air peut varier sous la pression subie. C'est la situation normale
- ✓ La communication ne se fait plus et la pression interne de la cavité devient différente de la pression ambiante (en plus ou en moins). L'enveloppe qui délimite cette cavité est constituée de tissus organiques pouvant supporter une déformation mécanique (extension ou rétrécissement) jusqu'à la limite élastique au-delà de laquelle la paroi sera lésée (déchirure, décollement des tissus environnants, etc....). C'est la situation anormale entraînant des traumatismes, c'est-à-dire une atteinte à l'intégrité physique de l'individu.

LES DIFFERENTS BAROTRAUMATISMES

L'air contenu dans les poumons, l'oreille moyenne, les sinus, entre le masque et le visage, certaines configurations dentaires, les intestins peuvent se retrouver en situation de barotraumatisme.

La SURPRESSION PULMONAIRE (Poumon)				
<p>Causes : Blocage de la respiration à la remontée.</p> <p>Remontée rapide avec expiration insuffisante.</p> <p>Insuffisance expiratoire pathologique (asthme, bronchite)</p>	<p>Conséquence : A la remontée, le volume d'air contenu dans les poumons se dilate jusqu'à la limite d'élasticité des alvéoles pulmonaires. Cela entraîne une distension ou une rupture des alvéoles pulmonaires.</p>	<p>Symptômes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Impression de manque d'air ✓ Douleur dans la poitrine ✓ Étouffement ✓ Toux ✓ Écume sanglante aux lèvres ✓ Crise de type épileptique ✓ Paralyse des membres ou de la moitié du corps. ✓ Paralyse respiratoire. ✓ Perte de la parole, de la vue. ✓ Syncope et mort 	<p>Prévention :</p> <p>NE JAMAIS BLOQUER SA RESPIRATION A LA REMONTEE.</p> <p>PAS DE VASALVA A LA REMONTEE</p> <p>Ne pas donner d'air à un apnéiste.</p> <p>S'entraîner à la remontée sur expiration contrôlée.</p> <p>Éviter les remontées rapides</p>	<p>Traitement :</p> <p>SECOURISME</p> <p>EVACUATION D'URGENCE</p> <p>NE JAMAIS REIMMERGER L'ACCIDENTE</p>

LES OREILLES				
<p>Causes : A la descente ou à la remontée une otite ou un rhume provoquent des obstructions des trompes d'Eustache, qui engendrent une différence de pression entre l'oreille moyenne et l'oreille externe.</p>	<p>Conséquence : Lésion ou rupture du tympan, perte de l'équilibre, de l'orientation, voire de connaissance.</p>	<p>Symptômes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Douleurs aux niveaux des oreilles. ✓ Vertiges. ✓ Perte de la notion haut/bas. 	<p>Prévention : Pratiquer une manœuvre d'équilibrage (VASALVA, BTV, FRENZEL). Si les oreilles « ne passent pas », remonter un peu, équilibrer à nouveau ; si les oreilles ne passent toujours pas, prévenir le GP ou ses collègues (autonomie) et arrêter la plongée.</p> <p>Éviter de plonger enrhumé.</p> <p>PAS DE VASALVA A LA REMONTEE <i>(Risque d'accident de décompression)</i></p> <p>ATTENTION : il ne faut jamais obturer le conduit auditif avec un bouchon ce qui empêche l'équilibrage normal.</p>	<p>Traitement : Consulter un ORL.</p> <p>PAS D'AUTO MEDICATION.</p>

LES SINUS				
<p>Causes : Une sinusite ou un rhume provoquent une obstruction entre les sinus et les voies respiratoires, ce qui engendrent une différence de pression entre les sinus et le milieu intérieur.</p>	<p>Conséquence : Si les voies de communication entre les sinus et les fosses nasales sont obstruées, l'équilibre entre les pressions ne peut se faire, ce qui provoque une hypersécrétion de la muqueuse des sinus, un afflux sanguin qui débouche sur un œdème et un décollement de cette muqueuse.</p>	<p>Symptômes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Douleurs faciales localisées au niveau du maxillaire supérieur et du front. 	<p>Prévention :</p> <p>NE JAMAIS PLONGER LORSQU'ON EST ENRHUME ou SINUSITE.</p>	<p>Traitement : Consulter un ORL</p> <p>PAS D'AUTOMEDICATION</p>

LES DENTS

<p><u>Causes :</u> Une bulle d'air peut se loger dans une cavité située dans une dent (caries, plombage défectueux).</p>	<p><u>Conséquence :</u> A la remontée, le volume d'air va augmenter suite à la diminution de la pression ambiante, ce qui peut provoquer l'éclatement brutal de la dent.</p>	<p><u>Symptômes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Douleurs au niveau des dents ✓ Syncope 	<p><u>Prévention :</u> Aller voir régulièrement un dentiste. Préciser que l'on est plongeur. En plongée, si douleur à la remontée, redescendre un peu, ce qui aura pour conséquence l'augmentation de la pression donc la diminution de la bulle d'air et de la douleur. Remonter très lentement pour permettre à l'air de s'échapper de la cavité.</p>	<p><u>Traitement :</u> Consulter un dentiste.</p>
---	---	--	--	--

LE PLACAGE DE MASQUE

<p><u>Causes :</u> La pression extérieure lors de la descente provoque une dépression à l'intérieur du masque. La jupe souple se déforme et agit comme une ventouse dès qu'elle atteint sa limite de déformation</p>	<p><u>Conséquence :</u> Rougisement des yeux. Saignement de nez. Trouble de la vision. Paupières tuméfiées. On a la sensation que les yeux vont sortir hors de leurs orbites</p>	<p><u>Symptômes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Le masque serre ✓ Sensation que les yeux sont tirés hors de leurs orbites ✓ Œil au « beurre noir » 	<p><u>Prévention :</u> Souffler par le nez dans le masque pendant la descente, surtout pendant les premiers mètres.</p>	<p><u>Traitement :</u> Consulter un ophtalmologiste.</p>
---	---	---	--	---

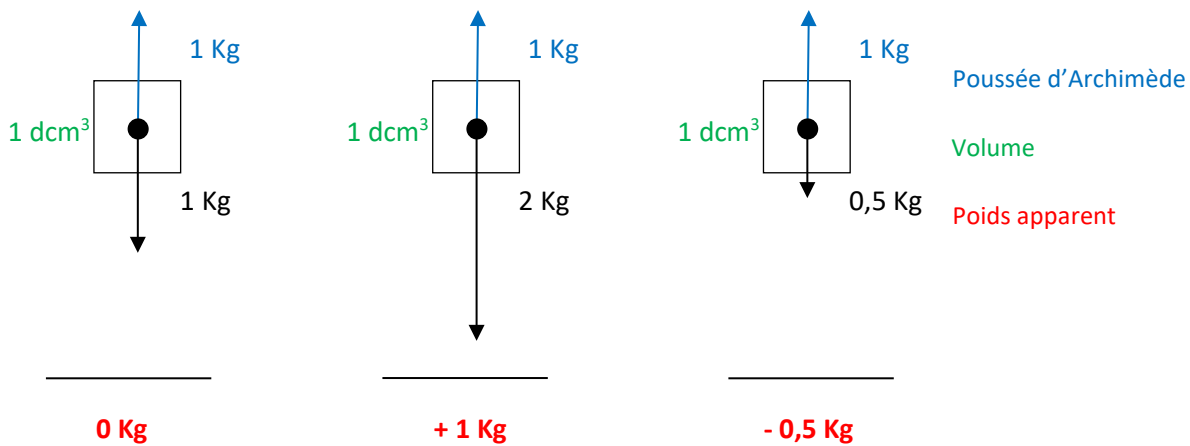
LA FLOTTABILITE

LE POIDS ET LA POUSSEE D'ARCHIMEDE

Chaque objet de volume clairement délimité, qu'il soit homogène ou hétérogène, pèse un certain poids. Ce poids s'exprime, selon le système légal d'unité, en déca Newton (daN). C'est à peu près, la force avec laquelle la Terre attire vers son centre une masse de 1Kg.

Le plongeur n'échappe pas à cette propriété de la physique et pèse avec son équipement, un poids non négligeable. On utilise, de manière plus courante, le Kilogramme pour exprimer la valeur (approximativement 1 Kg = 10 daN). Ce poids, auquel nous nous sommes habitués, varie peu tant que nous restons dans notre élément quotidien. On l'appellera le **POIDS REEL**.

Rappelez-vous, lors de votre formation au niveau 1, vous aviez ressenti une nette diminution de poids lors de votre entrée dans l'eau. Vous aviez même été obligés de rajouter une ceinture lestée de plomb pour pouvoir descendre. Votre poids avait pris une nouvelle valeur, moins forte que l'on appelle **POIDS APPARENT**. La différence c'est la **POUSSEE D'ARCHIMEDE**.



POUSSEE D'ARCHIMEDE :

Définition :

Tout corps plongé dans un fluide reçoit, de la part de ce fluide, une poussée verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé.

La formule classique de la poussée d'Archimède est :

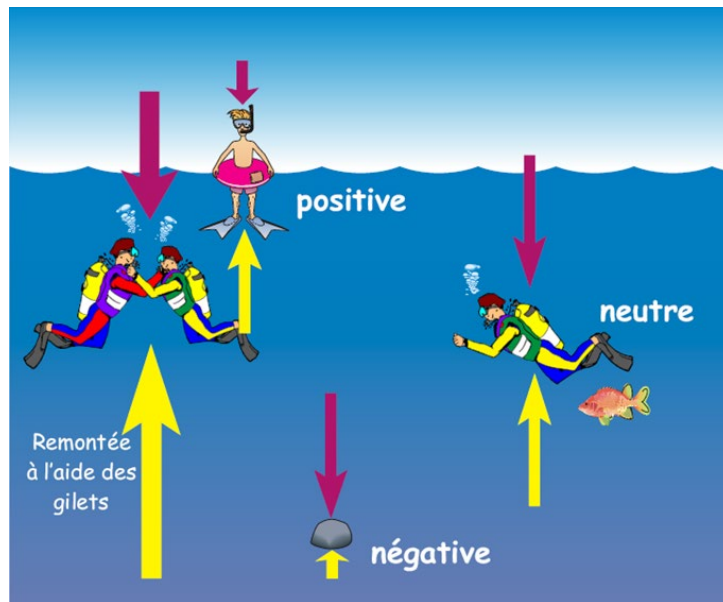
$$\text{Poids apparent} = \text{Poids Réel} - \text{Poussée d'Archimède}$$

Le poids apparent peut-être :

Positif (>0) : Le poids réel est plus important que la poussée d'Archimède
=> le corps à tendance à couler

Négatif (<0) : La poussée d'Archimède est plus importante que le poids réel
=> le corps à tendance à remonter

Nul (=0) : Le poids réel et la poussée d'Archimède sont égaux
=> le corps reste en équilibre entre 2 eaux



APPLICATION A LA PLONGEE :

En plongée nous retrouvons l'effet de cette poussée :

- Dans le réglage de notre lestage : nous recherchons un équilibre correspondant à un poids apparent nul :
 - ✓ À 3 mètres (profondeur de palier).
 - ✓ À tout moment au cours de la plongée, dès que les variations de profondeur font varier notre volume immergé (le Néoprène de notre combinaison diminue d'épaisseur quand la pression augmente, et donc la poussée d'Archimède) utilisation de la bouée ou du gilet.
 - ✓ Au fur et à mesure de la consommation de l'air de notre scaphandre (diminution du poids réel).
- Dans les opérations de remontées d'objets du fond, on va utiliser une enveloppe souple, appelée parachute, dans laquelle on introduit de l'air, déplaçant un volume d'eau équivalent et recevant donc une poussée ascendante qui va servir à vaincre l'effet du poids apparent de l'objet à remonter.
- Les différentes possibilités de régler le lestage permettant :
 - ✓ Avec un lestage nul une évolution plus facile, une économie d'air, une limitation du risque d'essoufflements.
 - ✓ Avec un lestage négatif la remontée à l'aide d'un gilet ou le maintien à la surface.
 - ✓ Avec un lestage positif une plus grande facilité pour effectuer des exercices au fond ou prendre des photos.



Un plongeur trop lesté qui s'est équilibré à l'aide du gilet aura un couple de rotation important entraînant une position verticale. Cette position, moins hydrodynamique, va augmenter le risque d'essoufflement et une surconsommation d'air.

LA LOI DE DALTON

GENERALITE SUR L'EAU ET L'AIR

L'EAU

Sous forme solide, liquide ou gazeuse, l'eau est présente dans notre environnement habituel et constitue l'élément premier de notre constitution physiologique. On peut dire que l'eau constitue environ 70% du corps humain. Elle représente 80% du volume du plasma sanguin. Elle est indispensable à l'intérieur de nos poumons (sous forme de vapeur) pour que notre organisme puisse capter et rejeter les gaz de notre respiration. Sa présence dans et entre les cellules permet l'acheminement au plus près des besoins, des nutriments, des gaz, des composants essentiels de notre vie.

Pour le plongeur, l'eau environnante représente plutôt une complication qui va intervenir sur notre travail ventilatoire, augmenter les efforts musculaires nécessaires à nos déplacements, nous exposer aux dangers de noyades, exercer une pression importante sur notre organisme, entraînant un ensemble de risques directement liés à cette augmentation de pression de l'air respiré.

L'AIR

Ce mélange gazeux que nous sommes habitués, dès notre naissance, à respirer, constitue, en vie terrestre, le milieu dans lequel nous nous déplaçons, sans efforts particuliers. Il est constitué de plusieurs gaz bien connus :

- ✓ L'**azote** (symbole chimique N_2) qui occupe environ 79% du volume.
- ✓ L'**oxygène** (symbole chimique O_2) qui représente environ 21% du volume.
- ✓ Le **gaz carbonique** (symbole chimique CO_2) qui occupe environ 0,03% d'un air normal, non pollué.
- ✓ Des gaz rares aux noms connus : **argon, xénon, krypton, néon**. Ils sont présents que pour un pourcentage infime du volume total.

En plongée on considère la composition de l'air par l'approximation suivante :

AZOTE (N_2) = 80% OXYGENE (O_2) = 20%

LA LOI DE DALTON

En plongée on considère la composition de l'air par l'approximation suivante :

L'air contient 80% d'Azote(N_2) \Rightarrow Pourcentage $N_2 = 80\%$

L'air contient 20% d'oxygène(O_2) \Rightarrow Pourcentage $O_2 = 20\%$

A la **surface** nous respirons un air à **1 bar** :

☞ Vu que $\%N_2 = 80\%$, pression partielle N_2 : $PpN_2 = \frac{80}{100} \times 1 = 0,8 \times 1 = 0,80 \text{ bar d'azote}$

☞ Vu que $\%O_2 = 20\%$, pression partielle O_2 : $PpO_2 = \frac{20}{100} \times 1 = 0,2 \times 1 = 0,20 \text{ bar d'oxygène}$

☞ Loi de Dalton : $Pression_{Surface} = PpN_2 + PpO_2 \Rightarrow 1 \text{ bar} = 0,80 \text{ bar} + 0,2 \text{ bar}$

Si la pression augmente, le pourcentage des gaz reste le même, mais leur pression propre augmente proportionnellement à cette nouvelle pression.

Prenons l'exemple d'une plongée à **10 mètres, soit 2 bars**, $\%N_2 = 80\%$, $\%O_2 = 20\%$

☞ Vu que $\%N_2 = 80\%$, pression partielle N_2 : $PpN_2 = \frac{80}{100} \times 2 = 0,8 \times 2 = 1,6 \text{ bar d'azote}$

☞ Vu que $\%O_2 = 20\%$, pression partielle O_2 : $PpO_2 = \frac{20}{100} \times 2 = 0,2 \times 2 = 0,4 \text{ bar d'oxygène}$

☞ Loi de Dalton : $Pression_{\text{à } 10m} = PpN_2 + PpO_2 \Rightarrow 2 \text{ bars} = 1,6 \text{ bar} + 0,4 \text{ bar}$

Il en est de même à **20 mètres, soit 3 bars**.

☞ Vu que %N₂ = 80%, pression partielle N₂: $PpN_2 = \frac{80}{100} \times 3 = 0,8 \times 3 = 2,4 \text{ bar d'azote}$

☞ Vu que %O₂ = 20%, pression partielle O₂: $PpO_2 = \frac{20}{100} \times 3 = 0,2 \times 3 = 0,6 \text{ bar d'oxygène}$

☞ Loi de Dalton : $Pression_{\text{à } 20m} = PpN_2 + PpO_2 \Rightarrow 3 \text{ bars} = 2,4 \text{ bar} + 0,6 \text{ bar}$

Il suffit donc de multiplier le pourcentage d'un volume de gaz par la pression atmosphérique pour obtenir la pression partielle de ce gaz.

Pression Partielle :

Pression Partielle Gaz = Pourcentage du Gaz * Pression absolue

$PpGaz = \%Gaz * P$

On peut constater qu'en ajoutant les pressions partielles nous obtenons la pression absolue du mélange gazeux :

Pression absolue d'un mélange gazeux = Somme des pressions partielles

C'est la loi de Dalton :

La pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles qu'aurait chacun des gaz s'il occupait seul le volume total. Dans un mélange gazeux la pression partielle de chaque composant égale la pression qu'aurait chacun des composants s'il occupait seul le volume total.

LA DISSOLUTION DES GAZ

NOTION SUR LA DISSOLUTION DES GAZ

A LA DESCENTE

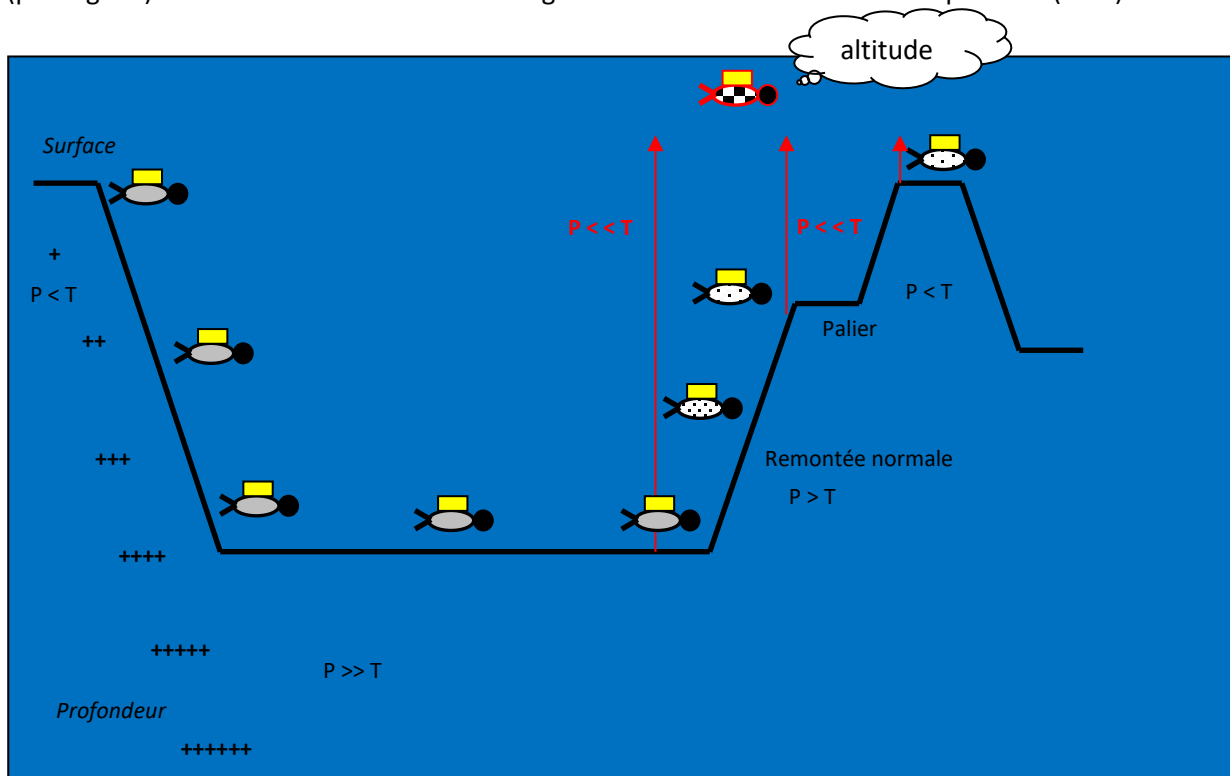
Durant notre immersion, nous sommes soumis à une pression plus forte que la pression atmosphérique. L'air que nous respirons est délivré à notre organisme sous une pression égale à la pression ambiante. Les deux gaz principaux (oxygène et azote) qui composent cet air, se présentent sous une pression proportionnellement plus forte par rapport à notre vie terrestre (Loi de Dalton).

L'**oxygène (O₂)** est un gaz vital pour la vie de nos cellules, pour brûler nos réserves de nutriments, pour produire de la chaleur ou de l'énergie mécanique etc... L'oxygène, fourni en quantité plus importante, n'est donc pas une source d'ennui.

L'**azote (N₂)**, par contre, est un gaz neutre (par rapport à l'être humain) et ne participe à aucun phénomène vital. Présenté à une pression plus forte que la pression de départ, il va pénétrer dans toutes les parties du corps et s'y dissoudre en quantité d'autant plus forte que la pression (profondeur) est grande et que le temps (durée de plongée) est important.

A LA REMONTEE

Lorsque nous arrêtons notre plongée et que nous remontons, la pression (profondeur) diminue et l'azote va chercher à s'évacuer par le biais de notre ventilation. Chaque partie de notre organisme peut supporter, sans danger, un léger excédent d'azote dissout mais pas plus. Si cet excédent d'azote est trop important, des bulles deviennent dangereuses (pathogène) entraînant divers traumatismes graves : C'est l'accident de décompression (ADD).



Nota : P = pression = pression partielle d'azote. T = tension = pression d'azote à l'intérieur du corps.

A LA REMONTEE

Un dégazage important peut se créer lorsque le plongeur :

- ✓ Effectue une remontée trop rapide,
- ✓ Ne respecte pas les paliers imposés,
- ✓ S'agite fortement après une plongée (sport, effort violent),
- ✓ Monte en latitude (montagne, avion).

LES TABLES FEDERALES FFESSM

HISTORIQUE :

1670 BOYLE observe les premières bulles dans le sang d'animaux morts d'accidents de décompression.

1878 Paul BERT met en évidence que les bulles qui tuent les animaux sont composées de 80% d'azote et de 20% de gaz carbonique.

19^{ème} siècle HENRY met en évidence la loi qui porte son nom et qui traite de la dissolution des gaz dans les liquides.

1907 HALDANE établit la première table de décompression pour la Royal Navy. Elle sera adoptée et perfectionnée par l'US Navy en 1937.

1965 Le GERS établit une table de plongée jusqu'à 85 mètres.

1990 La Marine Nationale modifie les GERS 65.

1998 La FFESSM adapte les tables MN90 (Vitesse de remontée à 15 m/min et colonne DTR).

Les tables fédérales FFESSM sont basées sur les tables MN90, mais la FFESSM a adapté certaines procédures. Donc il faut bien parler de tables fédérales FFESSM ou encore de tables FFESSM.

RAPPELS PHYSIQUES :

- ✓ L'air est composé de 80% d'azote et de 20% d'oxygène
- ✓ La pression à la surface est de 1 bar.
- ✓ La pression à 10 mètres est de 2 bars.
- ✓ La tension se dit pour un liquide (ex : la tension artérielle).
- ✓ La pression se dit pour un gaz (ex : pression atmosphérique).

FONDEMENT DES TABLES DE PLONGEE :

Lors d'une plongée, le plongeur absorbe sous pression de l'air comprimé. Celui-ci est composé de 80% d'azote et de 20% d'oxygène. L'oxygène est métabolisé par l'organisme. L'azote ne sert à rien et vient se diluer dans l'organisme. Durant la descente, avec l'augmentation de la pression, l'azote se dissout dans les différentes parties de l'organisme. A la remontée, la pression diminuante, il tend à reprendre sa forme gazeuse. Normalement il est évacué par circulation sanguine et la respiration. Cependant durant une remontée trop rapide ou lors de paliers non respectés, il y aura un dégazage important et non contrôlé. Il entrave alors la circulation sanguine et entraîne un accident de décompression. Les paliers permettent de faire une sorte de pause permettant une évacuation massive d'azote avant la sortie de l'eau. Ces paliers sont calculés scientifiquement et ont fait l'objet de nombreuses recherches. Ils ne sont pas le fruit du hasard et doivent être scrupuleusement respectés.

DEFINITIONS :

HEURE DE DEPART : Moment où le plongeur quitte la surface pour s'immerger.

DUREE DE LA PLONGEE : Temps compris entre le moment où le plongeur s'immerge et le moment où il commence la remontée jusqu'à la surface.

PROFONDEUR : Profondeur maximale atteinte au cours de la plongée.

REMONTEE : Temps consacré à remonter d'un niveau d'immersion à un autre. Verticalement, sans arrêt et à une vitesse de 15 m/min (vitesse ramenée à 6 m/min entre les paliers et la surface).

PALIER : Séjour dont la durée et le niveau d'immersion sont strictement définis par la table en fonction d'un thème de plongée.

DUREE TOTALE DE LA REMONTEE : Temps total depuis le début le départ du fond jusqu'à l'arrivée en surface (remontée + paliers). C'est la DTR.

HEURE DE SORTIE : Moment où le plongeur fait surface.

COURBE DE SECURITE :

Courbe de sécurité des tables fédérales FFESSM:

2 h 15 à 12 m

1 H 15 à 15 m

40 MIN à 20 m

20 MIN à 25 m

10 MIN à 30 m

10 MIN à 35 m

05 MIN à 40 m

TABLES FEDERALES FFESSM :

Les tables fédérales FFESSM sont composées de quatre tables :

- ✓ Une table de plongée unitaire.
- ✓ Une table de détermination de l'azote résiduel.
- ✓ Une table de détermination de la majoration.
- ✓ Une table de diminution de l'azote résiduel par respiration d'oxygène pur en surface (facultative).
- ✓ Une table de détermination de la durée totale de remontée (DTR)

UTILISATION DES TABLES FEDERALES FFESSM POUR UNE PLONGEE SIMPLE :

- ✓ Prendre la profondeur max de la plongée (unité de profondeur est le mètre).
- ✓ Rechercher dans la table la profondeur de la plongée. Si elle n'y est pas, prendre celle immédiatement supérieure (ex : pour 27 m prendre 28 m).
- ✓ Rechercher la durée de la plongée sur la table (l'unité de temps est la minute).
- ✓ Remonter à la vitesse préconisée par la table (15 m/min) et effectuer les paliers préconisés.
- ✓ Remonter à la vitesse de 6 m/min entre les paliers et la surface.
- ✓ En cas de non-palier, effectuer si possible un palier de sécurité de 3 min à 3m.

CONSEILS

- ✓ Un palier s'effectue tranquillement, si possible le plus horizontal possible. Il faut respirer normalement et surtout ne pas retenir sa respiration (apnée interdite, pas de Valsalva). Un léger mouvement des jambes n'est pas nuisible, mais au contraire il permet une meilleure circulation sanguine.
- ✓ Effectuer une remontée la plus lente possible depuis le dernier palier jusqu'à la surface.
- ✓ Éviter tous les efforts lors de la sortie de l'eau et pas de sport pendant les heures qui suivent la plongée.
- ✓ Ne pas monter en altitude après une plongée.
- ✓ Ne pas faire de plongée en apnée après une plongée bouteille.
- ✓ Respecter les vitesses de remontée.

RAPPELS PHYSIQUES :

La pression atmosphérique à la surface est de 1 bar soit une pression partielle d'azote de 0,8 bar (1 bar x 80%, loi de Dalton). Le corps humain est en état de **saturation** lorsque sa tension partielle d'azote (dans le corps) est égale à la pression partielle d'azote dans l'air.

À l'issue d'une plongée, la tension partielle d'azote est supérieure à la pression partielle d'azote de l'air. Ce taux d'azote résiduel est donné dans la table de plongée successive en fonction des paramètres de la plongée initiale. Le corps est en état de **sursaturation** (loi d'Henry).

DEFINITIONS :

INTERVALLE : Temps compris entre l'heure de sortie d'une plongée et l'heure de départ d'une plongée suivante.

PLONGEE CONSECUTIVE : Plongée dont l'intervalle qui la sépare de la plongée précédente est inférieur à 15 minutes.

Ce type de plongée est anormale.

PLONGEE SUCCESSIVE : Plongée dont l'intervalle qui la sépare de la plongée précédente est égal ou supérieure à 15 minutes et égal ou inférieur à 12 h 00.

AZOTE RESIDUEL : État de saturation à l'arrivée en surface après une plongée. Les tables donnent pour chaque plongée un groupe de plongée successive (GPS) affecté d'une lettre A à P chiffrant cet état de sursaturation.

MAJORATION : Traduit pour une durée à une profondeur donnée la quantité d'azote résiduel. La notion de majoration n'intervient que dans le cas d'une plongée successive.

DUREE FICTIVE : Somme de la majoration et de la durée réelle d'une plongée successive.

UTILISATION DE LA TABLES FEDERALES FFESSM POUR UNE PLONGEE SUCCESSIVE :

Lorsqu'un plongeur effectue une première plongée, la table, proprement dite, lui permet de remonter en surface sans accident mais avec cependant une tension de N₂ dissous dans l'organisme supérieure à la tension de N₂ correspondant à l'état de saturation à la surface du lieu de plongée : il est en état de sursaturation physiologiquement tolérable. S'il effectue une nouvelle plongée avec un intervalle inférieur ou égal à 12 h 00, il faut tenir compte de cette sursaturation, mémoire de la première plongée car la table « normale » n'est pas calculée pour cette éventualité mais pour des plongeurs s'immergeant avec une tension de N₂ de 0,8 bar. La table de plongées successives intervient alors en permettant de chiffrer la majoration correspondant à une plongée déterminée. Pour cela il est nécessaire de connaître :

- ✓ Le groupe de plongée successive (GPS) de la plongée précédente.
- ✓ L'intervalle entre les deux plongées.
- ✓ La profondeur de la plongée successive.
- ✓ La durée de la plongée successive.
- ✓ Noter l'heure de sortie et le GPS de la première plongée.
- ✓ Déterminer l'intervalle séparant les deux plongées (se fait automatiquement avec les timers).
- ✓ En fonction de cet intervalle trouver la valeur de l'azote résiduel dans le tableau (2^{ème} table).
- ✓ Avec cette nouvelle valeur du GPS et la profondeur de la deuxième plongée pour trouver la majoration correspondante dans le tableau (3^{ème} table).
- ✓ Ajouter cette majoration à la durée réelle de la deuxième plongée pour trouver la durée fictive de plongée à prendre réellement en compte.
- ✓ Entrer dans la table « normale » avec comme paramètre la profondeur de la deuxième plongée et la durée fictive et effectuer la décompression correspondante.

REGLES DE SECURITE :

- ✓ Si l'intervalle exact ne figure pas dans le tableau, prendre l'intervalle immédiatement inférieur.
- ✓ Si le nombre exact de la valeur de l'azote résiduel ne figure pas dans le tableau, prendre le nombre immédiatement supérieur.
- ✓ Si la profondeur exacte de la deuxième plongée ne figure pas, prendre la profondeur immédiatement supérieure.

- ✓ Les tables fédérales FFESSM interdisent d'effectuer plus de deux plongées par tranche de 24 heures

LIMITES DES TABLES :

- ✓ Les tables de plongée successive sont prévues pour une seule deuxième plongée par jour.
- ✓ En cas d'effort, narcose, froid, essoufflement, fatigue intense, il est prudent de prolonger le palier de 3 mètres ou bien d'utiliser une table plus sévère. Les tables fédérales FFESSM prévoient de majorer en prenant la profondeur immédiatement supérieure et le temps immédiatement plus long sur la table.
- ✓ Les tables s'utilisent au niveau de la mer (c'est leur mode de calcul). Pour les plongées en altitude, il faut utiliser des tables spécifiques, les tables de Bühlmann (*Cf. tables de Bühlmann 0-700 m, 701-2500 m, 2501, 4500 m*)
- ✓ En cas de voyage en avion, il ne faut absolument pas plonger 24 heures avant de prendre l'avion ou 12 heures avant de monter en altitude (cols de montagne par exemple)

LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION

DEFINITION :

L'accident de décompression (ADD) est directement lié à l'azote. Il s'agit de l'apparition non contrôlée de bulles à l'intérieur de notre corps. Ces dernières, vont grossir pendant la remontée, comme une boule de neige qui grossit quand on la roule par terre. La présence dans notre corps d'éléments étrangers que sont ces bulles, va entraîner plusieurs types de traumatisme appelés maladie de décompression.

PREVENTION :

AVANT LA PLONGEE

L'accident de décompression (ADD) est directement lié à des facteurs physiques et psychologiques propres à chaque personne en fonction du moment. Sont considérés comme facteurs favorisants :

- ✓ Une fatigue importante.
- ✓ Une consommation d'alcool la veille de la plongée.
- ✓ Un stress.
- ✓ La prise de médicaments.
- ✓ Repas riche en graisse.

PENDANT LA PLONGEE

- ✓ Le froid.
- ✓ Fournir des efforts.
- ✓ Le non-respect des règles imposées par les moyens de décompression (paliers et vitesse de remontée).

APRES LA PLONGEE

- ✓ Efforts.
- ✓ Monter en altitude ou prendre l'avion avant la désaturation complète.
- ✓ Faire de l'apnée.
- ✓ Plongée successive ou consécutives non conformes au moyen de décompression.

LES SYMPTOMES :

Dans tous les cas, une fatigue intense, disproportionnée avec les efforts effectués.

La plupart du temps

- ✓ Incapacité d'uriner.
- ✓ Démangeaisons cutanées, cloques (puces ou moutons).
- ✓ Douleurs articulaires (épaule, hanche, genoux, coude) de plus en plus vive au fur et à mesure que le temps s'écoule.
- ✓ Fourmillement, puis perte de sensibilité au niveau des pieds, puis des jambes. Rapidement, incapacité motrice au niveau des membres inférieurs.
- ✓ Détresse respiratoire, appauvrissement de l'apport en O₂, se manifestant par des cyanoses (coloration bleue des lèvres et sous les ongles).
- ✓ Altération de la perception (vue, ouïe, toucher).
- ✓ Dans les cas les plus graves, paralysie latéralisées (hémipariés).
- ✓ Infarctus du myocarde (destruction du muscle cardiaque par privation d'O₂ aboutissant à un arrêt cardiaque).
La caractéristique de cet accident est l'évolution des symptômes dans le temps. De là découle une urgence dans l'évacuation vers un milieu hospitalier hyperbare.

CONDUITE A TENIR :

En tant que futur niveau 2, vous serez amenés à plonger dans l'espace 0 à 40m accompagné d'un GP ou à évoluer en autonome dans l'espace de 0 à 20 m sous les directives du DP.

Dans tous les cas vous devez prendre toutes les précautions utiles pour éviter l'accident de décompression et respecter les règles imposées par le moyen de décompression utilisé :

- ✓ Profil de la plongée.
- ✓ Vitesse de remontée.
- ✓ Profondeur des paliers.
- ✓ Durée des paliers.
- ✓ Procédure d'urgence.

Si cependant un tel accident arrivait à vous ou l'un des plongeurs de la palanquée, vous devez en informer immédiatement le DP qui prendra les dispositions nécessaires pour secourir le blessé.

Les secours apportés à l'accidenté avant son évacuation pourront être les suivants :

- ✓ Lui donner de l'eau plate à boire s'il est conscient.
- ✓ Mise sous oxygène.
- ✓ Évacuation en milieu hyperbare.
- ✓ Mesures habituelles (surveillance, réconfort, réchauffement).
- ✓ Surveillance des autres membres de la palanquée.

IMPORTANT :

Il est très important après chaque plongée de noter les paramètres exacts de celles-ci. Ils devront être fournis aux services médicaux.

L'ESSOUFFLEMENT

LE MECANISME :

L'essoufflement est un incident relativement courant en surface ou en immersion et peut s'aggraver pour devenir un véritable accident aux conséquences parfois mortelles. La connaissance de son mécanisme et de son évolution permettra de mieux le prévenir.

Notre ventilation est commandée de plusieurs manières complémentaires (réflexe, adaptative, volontaire), mais il faut retenir que les variations de rythme, et ensuite d'amplitude, dépendent de la quantité de **gaz carbonique (CO₂)** contenu dans le sang. D'autres part, tout muscle au travail consomme de l'oxygène et des nutriments et produit un travail mécanique, de la chaleur, des déchets organiques et du CO₂ qu'il faut évacuer.

Il en est de même pour les muscles de notre système ventilatoire : plus ils vont être sollicités par un taux de CO₂ sanguin élevé, plus ils vont eux-mêmes produire du CO₂ qui viendra s'ajouter à celui existant : c'est l'enclenchement d'un processus d'aggravation.

CO₂ fabriqué par le corps (endogène)

- ✓ Effort.
- ✓ Froid (Fission et tremblement)
- ✓ Digestion.

CO₂ provenant de l'extérieur (exogène)

- ✓ Présence de CO₂ en pourcentage élevé dans l'air de la bouteille. (Cas anormal)

Tout le mécanisme décrit précédemment est directement aggravé par la valeur de la pression ambiante.

Plus la pression ambiante est forte

- ✓ Plus le plongeur se ventile aux prix d'effort importants (travail des muscles ventilatoires plus forts).
- ✓ Plus l'expiration devient difficile.

Plus la profondeur est importante

- ✓ Plus les conditions de plongée peuvent déclencher des réactions d'angoisse, stimulant davantage le rythme ventilatoire.
- ✓ Plus la lutte contre le froid s'accroît.
- ✓ Plus la recherche d'un poids apparent proche de zéro devient importante (moins d'efforts de sustentation).

QUELLE CONDUITE TENIR :

Le plongeur, qui constate une augmentation de son rythme ventilatoire, peut essayer de « récupérer » en cessant tout effort et en se forçant à expirer, jusqu'au retour à des conditions normales.

Ceci n'est que rarement efficace (le plongeur, peu aguerri, s'angoisse avec les conséquences vues plus haut) ou il essaie de se calmer trop tard.

Personne ne peut sentir si le point de non-retour est dépassé ou non. Dès l'arrivée des premiers symptômes, il faut donc se rapprocher de ses coéquipiers et leur signaler la difficulté.

Les coéquipiers doivent intervenir (technique de remontée au gilet par exemple) et commencer **SANS ATTENDRE** la remontée **EN MAINTENANT L'EMBOU EN BOUCHE** de la victime. Seule l'arrivée en surface améliorera la situation (moins de risque de noyade en cas d'arrachage d'embout, pression ambiante réduite).

Un retour au bateau après avoir largué le lest en surface, le gilet gonflé (mais sans comprimer la poitrine), sans palmer (pour la victime) est impératif. L'intervention de la sécurité surface est la bienvenue.

Sur le bateau, une mise sous O₂ peut aider à évacuer l'excédent de CO₂ et surtout à assurer une meilleure oxygénation de la victime (rôle de la sécurité surface). De violents maux de tête seront au rendez-vous et mettront plusieurs heures pour se dissiper. S'il y a perte de connaissance, utiliser les techniques secouristes habituelles (PLS, LVA etc...).

LA PREVENTION :

Il faut s'attaquer à tous les facteurs déclenchant ou favorisant :

L'EFFORT PHYSIQUE

- ✓ Ne pas plonger dans un courant trop fort. Préférer une plongée dérivante, le bateau suit les bulles en surface et récupère la palanquée à l'endroit où elle refait surface.
- ✓ S'équilibrer au fond avec le gilet (ce qui sous-entend de ne pas se sur-lester).
- ✓ Laisser partir devant vos coéquipiers pressés, pas de course.
- ✓ Pas d'effort physique (levage d'un objet).

LE FROID

- ✓ Utiliser une combinaison ajustée, mais pas trop serrée.
- ✓ Porter des chaussons et des gants si vous êtes frileux.
- ✓ Manger une nourriture à base de sucres lents (pâtes, riz), il faut des calories.

L'ANGOISSE

- ✓ Difficile de donner une recette miracle. L'accoutumance au milieu, la répétition de plongées dans les conditions diverses, l'entraînement physique, contribuent à vous aguerrir et à vous donner les moyens de dominer les situations les plus diverses.

LA TECHNIQUE INDIVIDUELLE

- ✓ C'est la prise de conscience du risque, l'entraînement à la vigilance, l'observation des autres, qui vous apprendront à percevoir les signaux d'alerte annonçant la montée de l'essoufflement (Fortes sorties de bulles à intervalles de temps réduits des moustaches du détenteur).
- ✓ En plongée, forcez périodiquement sur l'expiration. Essayez d'augmenter votre amplitude plutôt que de laisser le rythme croître.
- ✓ Utilisez pour vous-même, sans tarder, le signe « je suis essoufflé ». Il ne doit pas y avoir de honte à déclencher une fin de plongée sur ce genre de problème.
- ✓ Entraînez-vous à assister un autre plongeur en situation d'essoufflement (remontée à vitesse contrôlée avec maintien du détenteur). Ce geste, bien maîtrisé, contribuera à ne pas aggraver le stress de la victime par une intervention brutale ou on se demande qui a le plus peur des deux !!

ENTRETIEN DU MATERIEL

- ✓ Prise d'air du compresseur loin d'un lieu pollué (gaz d'échappement, fumée).
- ✓ Entretien et réglage de la dureté du détenteur.
- ✓ Détendeur de qualité (si possible compensé) pour les plongées profondes).

LE FROID

INTRODUCTION

L'être humain maintient sa température à une valeur constante de 37° Celsius grâce à un mécanisme de détente contre les variations de température du milieu ambiant. Ce mécanisme, la thermorégulation, est efficace tant que les variations externes restent à l'intérieur de limites tolérables. Au-delà, l'agression thermique déclenche des troubles graves : c'est le début de **l'hypothermie**.

La plongée place l'organisme du plongeur dans un milieu ambiant particulièrement agressif vis-à-vis des déperditions thermiques.

Les pertes calorifiques s'effectuent par :

- ✓ **Conduction** (échange thermique direct au contact)
- ✓ **Convection** (échange thermique par renouvellement du fluide en contact avec notre corps)

LE MECANISME DE LUTTE CONTRE LE FROID

- ✓ Modification du rythme ventilatoire (risque d'essoufflement, favorise la narcose et l'ADD).
- ✓ Le petit frisson.
- ✓ La vasoconstriction périphérique (le sang se retire des extrémités – risque de gelure).
- ✓ La diurèse (envie de faire « pipi »).
- ✓ Le grand frisson.

LA CONDUITE A TENIR

L'arrêt de la plongée, le retour en surface et le réchauffement sont le traitement logique des conséquences du froid intense. Le froid ne doit pas être pris à la légère, en raison des risques encourus (essoufflement et accidents de décompression).

LA PREVENTION

- ✓ Bien évidemment le port d'une combinaison adaptée à la taille du plongeur et à la température de l'eau est une précaution importante.
- ✓ L'alimentation doit être riche en sucres lents, c'est-à-dire d'aliments dont la digestion produit des réserves énergétiques directement utilisables dans la lutte contre le froid, les pâtes, le riz etc.
- ✓ L'emploi du signe j'ai froid doit être explicité et pris au sérieux.
- ✓ Interruption d'une plongée si un plongeur présente les signes du froid (claquement des dents, etc.).

LA NOYADE

INTRODUCTION

C'est l'accident typique des sports aquatiques. Plusieurs causes aboutissent au déclenchement du même mécanisme. Les conséquences sont diverses selon la gravité de l'accident, mais nécessitent systématiquement un passage en milieu médical.

LE MECANISME

Le mécanisme principal de la noyade est un arrêt de l'apport d'oxygène. Quelle qu'en soit la cause, le résultat est le même. A ce stade la situation est délicate car un de nos organes principaux, l'encéphale ne peut tolérer une privation d'O₂ supérieure à 3 minutes sans risquer des lésions irréversibles. La nature de ces lésions dépend de la localisation et du rôle des cellules privées d'O₂ : la vue, l'ouïe telle ou telle motricité peut être altérée. Bien évidemment, si l'interruption de l'apport en O₂ se prolonge, c'est la vie de la victime qui est menacée. Le muscle cardiaque privé d'O₂, va stopper ses contractions et interrompre la distribution sanguine à tout l'organisme. Rien ne va plus.

Des mécanismes secondaires peuvent se mettre en place, selon les circonstances : si la noyade est consécutive à une inondation des voies respiratoires, et selon qu'il s'agit d'eau de mer ou d'eau douce, l'eau va passer dans un sens ou dans l'autre au travers de la paroi des alvéoles pulmonaires.

LES CAUSES

Deux sortes de causes peuvent entraîner une situation de noyade :

- ✓ Un spasme bloquant la glotte empêchant le passage de l'air vers les poumons. Ce spasme peut-être la conséquence de peur intense, d'un choc thermo-différentiel, d'un coup, d'un réflexe consécutif à une perte de connaissance (syncope de l'apnéiste). Il peut être suivi, au moment de la reprise de conscience, d'une inspiration réflexe, qui, en se produisant en immersion, conduit à l'inondation des voies respiratoires.
- ✓ Une pénétration d'eau dans les voies respiratoires à la suite d'un épuisement, d'une inspiration en présence d'eau (essoufflement en phase terminale, pas de masque ou de tuba en surface par mer agitée, etc.). On notera que la quantité d'eau inhalée, le passage, en prime, d'eau dans l'estomac, une perte de conscience ou non, ne font pas de différence pour la conduite à tenir.

LA CONDUITE A TENIR

Bien évidemment, on commence par sortir la victime de l'eau.

La priorité, c'est l'apport d'oxygène

1° La préparation : On dégage le haut de la combinaison. Dégager la partie basse n'est pas nécessaire (la pression externe exercée par le pantalon sur la partie inférieure du corps de la victime va aider à favoriser la circulation sanguine vers les organes internes et en particulier, l'encéphale-cible prioritaire. Pour la même raison, on ne réchauffe pas la victime (l'un des rares cas en secourisme).

On ne perd pas son temps à essayer de « vider » les poumons de la victime (manœuvre inefficace vis-à-vis de l'apport futur en oxygène, dangereuse pour les poumons si on fait régurgiter le suc gastrique – acide – contenu dans l'estomac).

2° On tente d'apporter le maximum d'oxygène, soit en utilisant l'oxygénothérapie du bateau (rôle de sécurité de surface), soit par un bouche à bouche s'il n'y a pas d'oxygène (ce qui ne devrait pas se produire).

Bien sûr, si le cœur est arrêté, il faut pratiquer un massage cardiaque externe. Dans tous les cas l'alerte sera donnée en vue d'une évacuation en milieu médicalisée. Même si la victime semble revenue en bonne santé, il est obligatoire de la faire examiner par un médecin.

Seule une mise en observation en milieu hospitalier, sous assistance oxygène durant quelques jours permettra de rétablir intégralement la fonction respiratoire.

LA PREVENTION

Une bonne condition physique et la connaissance de ses propres limites restent les meilleurs éléments de prévention de la noyade.

Cependant, une prise de conscience du risque, en surface (masque ôté, détendeur rejeté, pas de tuba en bouche, le tout par mer agité) ou en immersion (en cas d'essoufflement par exemple) devient nécessaire plus particulièrement dans l'optique de votre future autonomie qui, même si elle reste « cadrée » peut vous placer en face de situations d'assistance que vous aurez du mal à assumer seul.

LES ORDINATEURS DE PLONGEE

L'idée de concevoir un appareil mesurant l'état de charge en azote au cours d'une plongée est ancienne. Dans les années cinquante, des prototypes fonctionnaient sur un mode analogique. Ils tentaient de reproduire mécaniquement la dissolution et la libération de l'azote. Ces décompressimètres n'étaient pas fiables et ils furent vite abandonnés. Une deuxième génération d'appareils, marchant sur le mode digital, vit le jour dans les années 80. De nombreux ordinateurs de plongées immergeables sont actuellement proposés. L'affichage est digital par cristaux liquides.

LA MESURE DES PARAMETRES DE LA PLONGEE

Ces ordinateurs se comportent en profondimètres d'une très grande précision. La mesure de la profondeur s'effectue par des capteurs piézo-résistifs. Ils évaluent la pression absolue. Les ordinateurs les plus sûrs sont ceux qui se mettent en marche (sur le mode plongée) en détectant une augmentation de pression (après la mise à l'eau). Ces appareils prennent automatiquement en compte les variations de la pression atmosphérique, même lorsqu'ils sont éteints. Les uns affichent directement la pression atmosphérique actuelle, d'autres l'utilisent comme facteur de correction d'altitude, sans le mentionner. Il est conseillé au plongeur de conserver l'ordinateur avec lui, lors des changements d'altitude et des voyages en avion, avant et après la plongée.

Les mesures effectuées par ces ordinateurs sont d'une grande exactitude, même à grande profondeur (précision de 30 cm à 50 m de profondeur, les profondimètres à membrane haut de gamme ont une précision de seulement 2 mètres à 50 m de profondeur).

L'horloge est également très fiable. La température ambiante demande un certain temps pour s'afficher. L'analyse de la pression absolue et la mesure du temps écoulé depuis le début de la plongée sont couplées dans le microprocesseur pour fournir des indications sur le profil de la plongée et les procédures de décompression à respecter. Actuellement, les ordinateurs sont livrés avec un affichage digital ; il convient de souligner que la visualisation s'effectue moins naturellement que par un système analogique. En outre, la lecture de l'écran non fluorescent est parfois rendue difficile par l'obscurité. Des alarmes visuelles ou sonores avertissent le plongeur lorsqu'il dépasse la vitesse de remontée autorisée. Certains ordinateurs sont équipés d'un second capteur de pression qui permet la mesure de la pression d'air dans les bouteilles. Cette nouvelle donnée est analysée pour calculer la consommation d'air actuelle et ensuite afficher le temps de plongée restant.

Un auto-diagnostic de tous les paramètres est parfois possible, les indications affichées sont vérifiées et la batterie testée.

EVALUTATION DU PROFIL DE PLONGEE ET CALCUL INSTANTANE DE LA REMONTEE

Ces ordinateurs sont équipés de logiciels sur lesquels, pour des raisons commerciales, il est difficile d'obtenir des informations. Les ordinateurs tentent de calculer la charge tissulaire en azote dissous de façon continue pendant toute la durée de la plongée et d'évaluer l'évolution de l'azote tissulaire résiduel du plongeur pendant les heures qui suivent l'arrivée en surface.

Le logiciel fonctionne d'après un mode de calcul (algorithme). Cet algorithme est établi à l'aide du modèle mathématique qui a servi à l'élaboration de la table de référence choisie. L'algorithme calcule instantanément le profil de décompression du plongeur en fonction des paramètres de temps et de profondeur de la plongée ; c'est-à-dire qu'à chaque fraction de seconde, à une profondeur donnée, l'ordinateur calcule la procédure de remontée selon l'algorithme. En d'autres termes, l'état de dissolution de l'azote dans les tissus est analysé instantanément et de façon répétée pendant tout le déroulement de la plongée et encore longtemps après le retour en surface. La procédure de décompression, ensuite affichée, est immédiatement exploitable par le plongeur et ne nécessite aucun calcul de sa part.

Pratiquement tous les ordinateurs sur le marché sont conçus de cette façon.

- ✓ Il existe le mode « NO DECO TIME » ou « NO STOP DIVE » pour une plongée qui ne nécessite pas de palier de décompression.
- ✓ L'autre mode de fonctionnement est le « DECO DRIVE » ou « DECO WARNING » pour une plongée avec palier de décompression.

Le rôle de l'ordinateur se poursuit ensuite au-delà de la plongée, son profil est gardé en mémoire. L'état de saturation des tissus du plongeur qui a effectué la première plongée continue d'être analysé. Le temps de l'intervalle de surface nécessaire à la complète élimination de l'azote résiduel après une première plongée s'affiche. Beaucoup d'algorithmes exigent 16 heures, d'autres plus de 20 heures pour le retour à la normale. **Il est indispensable que les paramètres employés dans l'algorithme soient respectés par le plongeur, la vitesse de remontée autorisée ne doit pas être dépassée et les paliers effectués à la profondeur affichées.** En effet dans le cas contraire, les calculs de l'algorithme ne sont plus valables. Les efforts physiques réalisés au fond ne sont pas pris en compte.

Il est déconseillé d'utiliser, à la fois un ordinateur et une table, lors de plongées simples ou répétitives.

Au cas où une panne d'ordinateur surviendrait, la procédure de secours n'est pas encore codifiée. Une panne d'ordinateur peut devenir une catastrophe et, d'autre part, son usage exclusif n'incite pas le plongeur à gérer les paramètres de sa plongée, ni à savoir utiliser les tables.

LIMITE DES ORDINATEURS

L'apparition des ordinateurs de décompression portables constitue une révolution pour le plongeur. Le profil de plongée et les procédures de décompression à effectuer sont affichés et le plongeur en est informé simplement et clairement. L'ordinateur permet une facilité d'utilisation évidemment souhaitable lorsque des procédures de décompression sont à réaliser. Mais un nombre de questions et d'incertitudes surgissent.

L'algorithme utilisé reflète-t-il fidèlement les processus physiologiques impliqués dans la décompression ? C'est ce point crucial qui anime les débats autour des ordinateurs de plongée. La validité d'un modèle mathématique a été longuement discutée. Des logiciels se fondant uniquement sur un modèle mathématique, dans l'état actuel des connaissances, laissent persister un doute quant à la possibilité de cerner par le calcul les sources d'un accident de décompression.

Ces logiciels ne sont pas équivalents à des tables de plongée. Ils ne sont que théoriquement applicables. Les tables de plongée sont expérimentées pendant des années, souvent, avant d'être diffusées. Elles subissent des modifications, notamment en fonction des accidents avec respect des tables.

LA SECURITE ET LES PRECAUTIONS D'UTILISATION

Elle doit rester notre souci primordial et le recul des quelques années d'utilisation des ordinateurs de plongée de loisirs montre que ces appareils ne sont pas toujours bien utilisés. Rappelons quelques notions communes à tous les appareils calculant un profil de décompression :

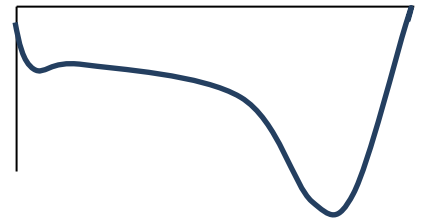
Un profil de décompression proposé par un ordinateur reste le résultat d'un calcul qui, si précis et complexe soit-il, ne reproduit pas exactement vos conditions de plongée, vos paramètres physiologiques et psychologiques du jour. C'est la notion de « moyenne » et de statistique d'incidents qui permet de valider tel ou tel calcul de décompression. Comme pour les tables, c'est l'expérimentation qui donne le feu vert à l'emploi du procédé.

Chaque modèle d'ordinateur est à utiliser dans un domaine bien précis défini par le constructeur. Lisez la notice avant l'emploi.

PROFIL INVERSE

Le plongeur passe la majorité de la plongée à de faibles profondeurs et fait une brève incursion à une plus grande profondeur juste avant de faire surface.

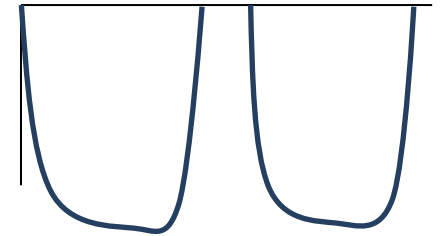
Profil dangereux



PLONGEES CONSECUTIVES PROFONDES

Le plongeur retourne plusieurs fois à peu près à la même profondeur maximum après un court intervalle de surface.

Profil dangereux

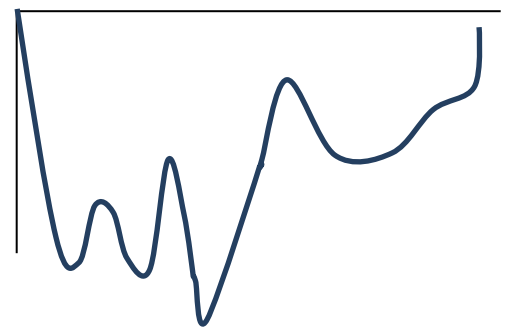


PLONGEES SUCCESSIVES AVEC DECOMPRESSION

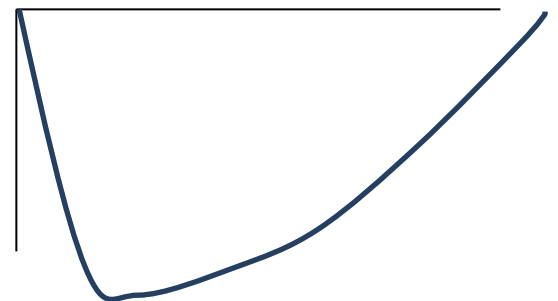
Le plongeur exécute plusieurs plongées qui nécessitent toutes une décompression.

Plongée à multiniveaux

Profil dangereux



PROFIL DE PLONGEE IDEALE



Les conditions particulières de plongée sont assez souvent prises en compte par certains modèles d'appareil : l'altitude et la consommation en air du plongeur.

L'altitude est souvent paramétrable (par tranche d'altitude) par l'utilisateur mais aussi peut être prise en compte automatiquement dès la mise en route du calcul (immersion dans la plupart des cas). Là encore, lisez la notice du constructeur.

La consommation des quelques minutes précédentes est un paramètre représentatif des conditions dans lesquelles le déroulement de la plongée est ressenti par le plongeur : l'effort physique déployé, l'agression thermique subie (et non la seule température de l'eau), l'angoisse (encore que le fameux « trouillomètre !!) ne sont pas mesurables directement, mais ont une répercussion sur le rythme ventilatoire et donc sur la consommation instantanée. Ce paramètre est, lui, facilement mesurable et intervient comme l'un des facteurs de la décompression. Ce type de mesure n'est donc pas un gadget destiné à remplacer uniquement votre manomètre sous-marin.

Enfin, souvenez-vous que les plongées sans palier restent les plus confortables et les plus sécurisantes.

C'est pourquoi tous les ordinateurs affichent le temps restant à plonger, en tenant compte de tous les paramètres, avant d'être obligé de stopper à un palier (« NO DEC TIME »)

Rappelez-vous également que votre ordinateur continue à calculer, après votre sortie de l'eau, votre décompression, en fonction du profil de la plongée précédente. C'est bien de VOTRE plongée précédente qu'il s'agit.

Vous ne devez en aucun cas prêter votre ordinateur à un autre plongeur tant que le temps total de désaturation ne s'est pas écoulé.

Bien sûr, à l'inverse, n'utilisez pas un ordinateur venant d'un autre plongeur tant que ce temps ne s'est pas écoulé.

GESTION DE LA DECOMPRESSION DANS UNE PALANQUEE.

Comment plonger au sein d'une palanquée ayant des moyens de désaturation différents ?

Avant la plongée : Vous devez communiquer entre les membres de la palanquée sur :

- Les plongées que vous avez faites récemment, temps et profondeur.
- Sur le type d'ordinateur que vous utilisez.
- Prévenir si votre ordinateur est pénalisant : A quelle profondeur déclenche, « Allume », t'il les paliers ?
- Quelle est la vitesse de remontée de votre ordinateur ?
- Avez-vous durci votre ordinateur ?
- Avez-vous réglé votre ordinateur en eau de mer, en eau douce ?
- Utilisez-vous du matériel que vous ne connaissez pas ?
- **Quelle est la DTR prévu pour cette plongée ?**

Pendant la plongée : En prenant tous les ordinateurs de la palanquée en compte, vous devez prendre la désaturation la plus limitative : Vitesse la plus lente, paliers les plus long et les plus profond (hors cas du Deep stop qui est facultatif).

QUELQUES CONSEILS POUR LA PLONGEE A L'ORDINATEUR

- 🕒 Ne jamais prêter son ordinateur s'il n'est pas entièrement désaturé.
- 🕒 L'ordinateur est personnel, ne jamais l'échanger s'il n'est pas entièrement désaturé.
- 🕒 Pour une plongée successive utiliser le même ordinateur.
- 🕒 Ne jamais mélanger les procédures de décompression (exemple : tables le matin et ordi l'après-midi).
- 🕒 Respecter scrupuleusement les indications données par l'ordinateur. Ne jamais les minorer.
- 🕒 Conserver son ordinateur avec soi lors des voyages en avion ou lors des montées en altitude.
- 🕒 En cas de panne, toujours avoir avec soi un jeu de tables et calculer une procédure de secours (essayer de mémoriser la profondeur maximale atteinte et la durée).
- 🕒 Même avec les ordinateurs, il ne faut pas plonger plus de deux fois en 24 heures.
- 🕒 Essayer au maximum de plonger dans le mode « NO DECO DRIVE ».
- 🕒 Respecter les profils de plongée (pas de yo-yo, pas de profil inversé, etc.).

L'ORIENTATION

INTRODUCTION

Souvenez-vous de vos premières plongées à la fin desquelles vous avez dû être surpris de voir que votre moniteur vous avait ramenés exactement à l'endroit de départ. Cela est dû à son expérience et à sa connaissance des moyens permettant une orientation sous l'eau. Maintenant en tant que plongeur autonome c'est à vous de jouer.

ORIENTATION NATURELLE

Observation avant de plonger et établissement d'un plan de plongée.

L'orientation sous-marine commence avant d'entrer dans l'eau en cherchant autour de vous des références naturelles. Depuis la surface, vous pouvez habituellement en apprendre beaucoup sur ce que vous trouverez sous l'eau, et vous pourrez utiliser ces informations afin de déterminer où vous êtes lorsque vous plongerez.

Les vagues, les courants et les mouvements des marées.

Attention, bien que les vagues et les courants restent souvent invariables pendant la durée de la plongée, il n'en est pas de même des marées qui peuvent carrément changer de sens. On utilise ces mouvements d'eau pour s'orienter en conservant le même angle relatif par rapport au courant.

La position du soleil

Avant d'entrer dans l'eau, vérifier la position du soleil par rapport à la direction à prendre sous l'eau.

Les objets et formations au large

Il est utile de noter la position des bancs de sables, des récifs, des bouées, des jetées et autres objets susceptibles de vous donner une position lorsque vous les rencontrerez.

Echo-sondeur

Si vous plongez depuis un bateau, il sert à vous donner la profondeur et éventuellement la forme du relief.

Le plan de plongée vous sera donné par votre DP. Il faudra prendre tous les repères utiles avant d'entrer dans l'eau afin de pouvoir les respecter. Il faut commencer par conserver les repères dès la descente dans l'eau. La descente les pieds devant est la meilleure technique pour conserver un cap. On peut également depuis la surface, repérer un relief caractéristique donnant la direction. La meilleure solution étant de descendre à l'ancre et de refaire le point avec le bateau. Une fois dans l'eau, vous pourrez vous orienter en utilisant les repères suivants :

La lumière et éventuellement les ombres

Lorsque vous êtes sous l'eau, notez où se trouve le soleil par rapport à votre direction et faire retour avec l'angle inverse. En début de matinée ou en fin de journée vous pouvez utiliser de la même façon les ombres.

Les mouvements de l'eau

Si vous plongez à contre-courant, il faut revenir avec le courant. Attention au courant de travers, si celui-ci donne une indication, il contribue fortement à dévier la direction.

Composition du relief

Les fonds sont différents au fur et à mesure de la progression (bloc, sable, posidonies, etc.) mais aussi les formes des vagues de sables laissées par le courant. En général, ces vaguelettes sont parallèles au rivage lorsqu'on s'en approche. Il y a bien d'autres repères comme des roches caractéristiques, des troncs d'arbres, des épaves etc...

La flore et la faune

Les plantes et les animaux aquatiques vivent souvent dans des endroits bien spécifiques qui fournissent des indices que vous pouvez utiliser pour l'orientation. Certains ne vivent qu'à une profondeur donnée, d'autres par exemple comme les gorgones qui se développent toujours perpendiculairement aux courants dominants.

Les sons

Il est très difficile de se diriger avec les sons puisque dans l'eau on peut trouver la direction de ceux-ci, cependant le bruit du moteur s'amplifiant, peut indiquer qu'on s'en approche.

CONSEILS CONCERNANT L'ORIENTATION NATURELLE :

- ✓ Lorsque vous prenez pour repère un bloc rocheux, le regarder toujours dans le sens du retour car il n'aura jamais la même forme dans le sens de l'aller.
- ✓ Utiliser un point fixe pour le départ de votre orientation, le meilleur étant l'ancre du bateau.
- ✓ Utiliser une ardoise immergeable pour dessiner le relief et y mettre les profondeurs.
- ✓ Toujours noter la profondeur où se trouve l'ancre.
- ✓ Prendre les mains courantes afin de ne pas aller trop loin.

NAVIGATION AU COMPAS

D'une certaine manière la navigation sous-marine peut être comparée à celle utilisée pendant un vol d'avion. Lorsque le temps est clair, le pilote peut s'orienter visuellement en suivant les points de repères au sol, les routes et les fleuves. Mais en cas de mauvais temps, de nuit ou dans les nuages, il ne peut plus se fier qu'à ses instruments. De la même façon, alors que vous utilisez les références naturelles pour la majeure partie de la navigation sous-marine, dans de mauvaises conditions de visibilité, la nuit ou en pleine eau ou vous ne pouvez voir le fond, vous vous ferez à votre compas. L'utilisation d'un compas est la manière la plus précise de naviguer. Elle peut être utile pour relocaliser des sites de plongée particuliers, et, lorsqu'elle est combinée avec une estimation de la distance, pour dessiner une carte.

Caractéristiques d'un compas sous-marin

- ✓ Rempli de liquide (pour résister à la pression).
- ✓ Aiguille très mobile (sous l'eau, il n'est pas toujours facile d'être bien à plat).
- ✓ Support de l'aiguille graduée en degré (pour prendre le cap).
- ✓ Fluorescent (utilisation la nuit).
- ✓ Ligne de foi (pour prendre un cap).

Utilisation d'un compas

Il se porte soit au poignet, soit pendu à une cordelette ou bien sur la console. Il doit toujours être utilisé bien à plat. Le corps du plongeur doit être aligné sur la ligne de foi. L'aiguille du nord magnétique doit toujours dans les deux encoches.

Deux principes importants

- ✓ L'aiguille du compas pointe toujours vers le Nord.
- ✓ La ligne de foi indique toujours la direction du déplacement.

L'utilisation d'un compas permet

- ✓ De fixer une direction (un cap).
- ✓ De fixer une direction opposée (retour sens inverse).
- ✓ Suivre un schéma de navigation en carré, rectangle ou triangle.

ESTIMATION DE LA DISTANCE DANS L'EAU

- ✓ Par un étalonnage du palmage.
- ✓ Par le calcul du temps.
- ✓ Par le calcul de la consommation de l'air.
- ✓ Par l'écartement des bras.
- ✓ A l'aide d'un bout étalonné.

CONCLUSION :

L'orientation sous-marine c'est :

-  **OBSERVER**
-  **MEMORISER**
-  **RESTITUER**

LA GESTION DE L'AIR

PRINCIPE DE L'AUTONOMIE :

L'autonomie d'un plongeur est liée à plusieurs facteurs :

- ✓ Le stock d'air emporté.
- ✓ La profondeur de la plongée.
- ✓ Le temps de la plongée.
- ✓ La consommation du plongeur.

LE STOCK D'AIR :

La quantité d'air emportée dans une bouteille est une application directe de la loi de MARIOTTE. En effet, il s'agit d'un volume d'air comprimé et on calcule son volume en multipliant le volume de la bouteille par la pression de gonflage :

$$\text{Volume d'air disponible} = \text{Volume de la bouteille} \times \text{Pression dans la bouteille}$$

Exemple : Une bouteille de 12 litres gonflée à 200 bars donne 2400 litres d'air détendu.

LA PROFONDEUR DE LA PLONGEE :

La profondeur de la plongée influe directement sur la quantité d'air consommée. En effet, le volume d'air nécessaire à une personne pour respirer à la surface, est à multiplier par la pression absolue pour obtenir sa consommation à une profondeur donnée.

Exemple : Un plongeur consommant 20 litres par minutes (l/min) à la surface consommera 80 l/min à 30 mètres. D'après la loi de Mariotte : $80 \text{ l/min} = 20 \text{ l/min} \times 4 \text{ bars}$ (pression absolue à 30 m).

LE TEMPS DE PLONGEE :

La consommation d'air est directement liée au temps passé dans l'eau (élémentaire mon cher Watson !).

LA CONSOMMATION DU PLONGEUR :

En général la consommation d'une personne est de 20 l/min à la surface. Elle peut légèrement varier en fonction de son gabarit ou de son sexe. Par contre elle varie fortement en fonction de l'anxiété, du froid, de l'utilisation de matériel marchant sur l'air comprimé, de l'effort fourni.

MODE DE CALCUL DE L'AUTONOMIE D'UNE PLONGEE :

- ✓ Pour calculer l'autonomie d'une plongée, il faut dans un premier temps connaître le stock d'air disponible. Il faut ensuite déduire le stock d'air nécessaire pour la réserve qui est réglée généralement à 50 bars.
- ✓ Dans un deuxième temps, on calcule la quantité d'air nécessaire au profil de la plongée en multipliant la consommation d'air du plongeur par la profondeur puis le temps que l'on désire passer sous l'eau.
- ✓ La différence entre le stock d'air disponible et la quantité d'air nécessaire à la plongée permet de savoir si la plongée est possible.
- ✓ Le calcul doit être assez large pour laisser une marge de sécurité en plus de la réserve.
- ✓ La pression de la bouteille est différente à chaud et à froid. En effet, les gaz occupent un volume différent en fonction de leur température (plongée juste après gonflage, bouteille laissée au soleil).

L'AUDITION DANS L'EAU

PHENOMENE DU SON DANS L'EAU :

Les sons que nous percevons habituellement sont des vibrations mécaniques du milieu ambiant qui viennent faire vibrer notre tympan.

- ✓ Dans l'air, ces vibrations se propagent à une vitesse d'environ **330 m/seconde**.
- ✓ Dans l'eau, ces vibrations se propagent à une vitesse approximative de **1400 m/seconde**.

Ce phénomène est lié à la différence de densité du fluide porteur.

Autre différence entre notre perception dans l'eau et notre perception dans l'air : l'analyse de la direction d'où provient le son. Nous parvenons à identifier la direction de la source lorsque nous sommes sur la terre (à condition d'être à vue directe de celle-ci), alors que notre perception sonore dans l'eau ne le permet pas.

LA VISION DANS L'EAU

PHENOMENE DE LA VISION DANS L'EAU :

Depuis votre baptême, vous vous êtes aperçus que les poissons ne sont jamais aussi gros ni aussi proches que vous le pensiez. Ce phénomène provient des déviations que subissent les rayons lumineux lorsqu'ils se propagent dans des milieux différents : l'eau par exemple. Ce phénomène s'appelle **la réfraction**.

Dans un milieu homogène (l'air calme par exemple), les rayons lumineux provenant d'un objet que nous observons se propagent en ligne droite jusqu'à notre œil, où ils sont projetés sur notre rétine pour former une image réelle que nos cellules sensibles transmettent au cerveau qui l'interprète.

Si, comme c'est le cas, en plongée, ces mêmes rayons lumineux se propagent d'abord dans l'eau, puis dans l'air contenu dans notre masque et notre visage, ils sont déviés. L'importance de cette déviation angulaire dépend de la nature des milieux de propagation.

Or, pour nous, ces deux milieux sont toujours les mêmes : l'air et l'eau. Cette déviation fausse nos repères d'interprétation et provoque une sensation de perception :

- ✓ **Plus fortes dimensions** : augmentation de 1/3.
- ✓ **Plus grande proximité** : plus proche de 1/3 également.

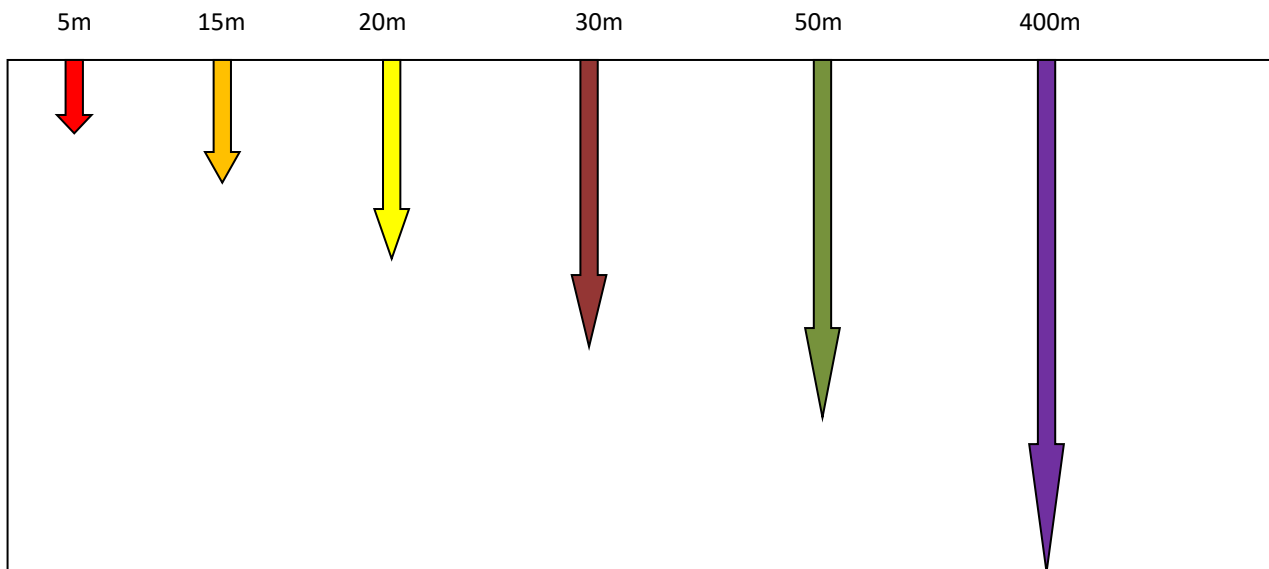
Autre phénomène que vous avez constaté : plus la profondeur augmente, moins il y a de luminosité. En effet, **la luminosité**, à une profondeur donnée, dépend directement de la quantité de lumière (de rayons lumineux) qui pénètre depuis la surface jusqu'à l'endroit où vous êtes. Or, tous les rayons qui franchissent la surface ne parviennent pas jusqu'à vous. Certains d'entre eux se réfléchissent sur les particules en suspension dans l'eau ou sont déviés vers d'autres directions.

On estime que pour une intensité lumineuse de 100% en surface, elle n'est plus que de 40% à 1m, 14% à 10m, 7% à 20m et 1% à 40m.

Dernier aspect de la vision en plongée : les couleurs.

Vous avez constaté que les teintes sont modifiées au fur et à mesure que vous descendez. En effet, la lumière solaire, que nous sommes habitués à percevoir, est composée d'un certain nombre de rayonnements correspondant chacun à une teinte, et dont le rassemblement nous fait percevoir les couleurs telles que nous les connaissons. En plongée, les différents rayonnements lumineux composant le spectre habituel sont absorbés par le milieu aquatique, et chacun disparaît dans une zone de profondeur particulière.

Pour une lumière « blanche » composée de 7 couleurs (violet, indigo, vert, jaune, orangé, rouge), les modifications suivantes peuvent être constatées.



Pour une profondeur donnée, la lumière ambiante perd une ou plusieurs composantes. Il en résulte une modification de la couleur que nous voyons. Nous pouvons rétablir la vérité en allumant notre lampe sous-marine qui projette une lumière « complète » et redonne la vraie couleur de ce que nous observons. Le corail rouge ne l'est vraiment que si nous l'éclairons.

LE MATERIEL

LE MASQUE :

Il sert à protéger le visage du contact de l'eau et à rétablir une vision correcte.

Pour choisir un masque adapté à sa morphologie, il suffit de plaquer le masque contre son visage et aspirer fortement par le nez en le lâchant. Si le masque tient, c'est qu'il convient.

Il faut choisir un masque ayant un bossage pour le nez afin de faciliter la manœuvre d'équilibrage des oreilles.

Il existe des masques en caoutchouc ou en silicone, ces derniers étant beaucoup plus confortables pour le plongeur. Les formes et les volumes varient en fonction de l'utilisation (apnée, plongée bouteille).

Certains permettent l'échange des verres pour des correcteurs.

Il existe également des masques faciaux ou intégraux. Ils recouvrent tout le visage et comprennent le détendeur. Ils sont couplés à un moyen de communication avec l'extérieur.

LE TUBA :

Le tuba ne sert pas au cours d'une plongée mais il est dispensable soit pour économiser l'air de sa bouteille en surface, soit pour regagner le bateau si sa bouteille est vide.

Il est fortement conseillé de l'emmener pour toutes les plongées. Les tubas sont composés d'un simple tuyau et d'un embout mais, certains, plus techniques, possèdent des valves et des purges pour chasser l'eau.

Aucun entretien particulier hormis le traditionnel rinçage.

LES PALMES :

Elles permettent au plongeur de se déplacer plus efficacement sous l'eau et en surface.

Il existe des palmes :

- ✓ Pour débutants (courtes et souples).
- ✓ Pour les plongeurs (voilures mi-longues et souvent rigides).
- ✓ Pour les apnéistes ou nage en surface (voilures longues et rigides).

Le choix des chaussantes ou réglables se fait en fonction de l'utilisation de chaussons.

Aucun entretien particulier hormis le traditionnel rinçage.

LA BOUTEILLE :

Elle est formée d'un récipient métallique, suffisamment résistant pour contenir de l'air comprimé à 200/230 bars. La contenance est variable, les plus courantes étant les bouteilles de 12 litres.

Ainsi le volume d'air disponible est de $12 \times 200 = 2400$ litres d'air.

La bouteille est directement fixée au gilet.

Au bas de la bouteille on trouve un socle en plastique qui sert à poser la bouteille verticalement.

À son sommet se situe la robinetterie composée d'un ou deux robinets, d'un ou deux orifices de sortie d'air.

Chaque bouteille comporte des inscriptions (voir partie réglementation).

Les bouteilles doivent être impérativement rincées (plongée en mer) et purgée après chaque utilisation.

LE DETENDEUR :

Il sert à détendre l'air haute pression à la pression ambiante. Il fournit cet air au plongeur automatiquement et à la demande.

Certains détendeurs abaissent la haute pression à la pression ambiante en deux étapes, haute pression à moyenne pression puis moyenne pression à pression ambiante : ce sont les détendeurs à deux étages (les plus utilisés de nos jours – il en existait à un seul étage qui assurait le passage directement en une seule étape de la haute pression à la pression ambiante).

Le détendeur à deux étages est composé :

- ✓ Une partie fixée sur la robinetterie de la bouteille, c'est le premier étage. Il permet de détendre l'air contenu dans la bouteille jusqu'à une pression d'à peu près 8 à 15 bars.
- ✓ Un flexible souple de faible section qui relie le 1^{er} étage au 2^{ème} étage.
- ✓ Une partie fixe à un embout buccal (2^{ème} étage) qui transforme la pression de l'air de 8 à 15 bars à la pression ambiante. Elle comporte également des « moustaches » par lesquelles s'évacue l'air expiré et d'un bouton poussoir de mise en débit continue.

Les détendeurs peuvent être de type à **piston** ou à **membrane**. (Les pistons sont plus simples et moins chers, les membranes sont plus performantes en eau froides et polluées).

Ils peuvent être **compensés** ou **non compensés**. (Les compensés sont plus performant en profondeur et en utilisation intensive et en fin de bouteille, les non compensés sont moins chers et servent surtout en club).

Le détendeur doit être rincé soigneusement après chaque utilisation. Il y a lieu de signaler toutes anomalies ou fuite d'air au responsable du matériel ou à un spécialiste. Il est conseillé de faire réviser son détendeur une fois par an par un spécialiste.

LE DETENDEUR DE SECOURS :

Cela peut-être un « octopus » (2^{ème} détendeur monté sur le même 1^{er} étage que le détendeur principal) ou un 2^{ème} détendeur complet.

La réglementation prévoit :

- ✓ 2 détendeurs séparés pour un guide de palanquée.
- ✓ Un moyen de donner de l'air sans partage d'embout pour les autonomes.
- ✓ Rien pour les plongeurs encadrés. Cependant un « octopus » est toujours plus sécurisant.

Entretien identique aux détendeurs classiques.

LE GILET (STAB) :

Le gilet

- ✓ Il permet le transport de la bouteille sur le dos.
- ✓ Il sert à maintenir le plongeur hors de l'eau sans palmage.
- ✓ Il permet de s'équilibrer au cours de la plongée pour avoir toujours une flottabilité nulle.
- ✓ Il sert à remonter sans palmer et en cas d'incident à remonter un plongeur en difficulté.
- ✓ Il apporte un confort supplémentaire au plongeur, ce qui est un gage de sécurité.

Les gilets sont de trois sortes :

- ✓ Intégraux (l'air circule librement dans tous le gilet).
- ✓ Réglables (des bretelles s'ajustent sur le devant).
- ✓ En fer à cheval ou teck (l'air se trouve dans une poche dans le dos)

Les différences entre les gilets portent essentiellement sur la contenance en air, sur le nombre de purges et sur l'inflateur (direct system), ce dernier pouvant être couplé à un respirateur (type AIR 2).

L'entretien porte essentiellement sur le rinçage et le séchage hors des rayons UV. Il faut penser à vider l'eau contenu dans le gilet.

LA CEINTURE DE PLOMB :

Elle sert uniquement à compenser la flottabilité de la combinaison. Elle ne sert en aucun à descendre au fond. Elle doit être correctement utilisée car un surplus de poids nuit à la stabilité et augmente la fatigue et la consommation du plongeur.

Il est conseillé de prendre une ceinture avec une boucle à largage rapide. Les nouveaux gilets comportent des poches largables dans lesquelles on peut insérer des plombs. Les plombs étant nuisible à l'environnement, il faut les choisir plastifiés. Aucun entretien particulier à part le rinçage. Faire attention aux plombs dans les sacs qui peuvent casser le matériel fragile.

LA COMBINAISON :

La combinaison sert à se protéger du froid et des rochers. Elle est obligatoire pour la plongée dans une eau inférieure à 18°.

Elle est en néoprène de différentes épaisseurs (en général 3 mm, 5,5 mm ou 7 mm). Elle peut être mono pièce ou composée d'un pantalon débardeur et d'une veste. Les systèmes d'étanchéité sont différents selon le degré de protection voulu (fermeture éclair classique, étanche, manchon lisse, sans manchon).

La combinaison doit être rincée soigneusement surtout au niveau des fermetures. Les faire sécher hors des rayons UV.

LE PROFONDIMETRE :

Il indique en général la profondeur maxi atteinte au cours de la plongée.

Les profondimètres actuels indiquent également la température de l'eau et a durée d'immersion. Après la sortie de l'eau, ils indiquent l'intervalle de surface et conservent en mémoire les paramètres des dernières plongées.

Les rincer et les protéger des chocs. Attention aux atmosphères chaudes et humides (sac de plongée dans une voiture au soleil) qui déchargent les piles.

LES TABLES DE PLONGEES :

Elles permettent, en fonction de la profondeur maxi atteinte et du temps de plongée de calculer les différents paliers à effectuer.

Elles se présentent sous la forme de plaquette plastifiées que tout plongeur doit avoir sur lui. Aucun entretien particulier.

L'ORDINATEUR :

C'est un appareil plus sophistiqué que le profondimètre bien qu'il en reprenne les caractéristiques de base.

L'ordinateur de plongée :

- ✓ Il indique le temps restant à plonger sans palier.
- ✓ Il indique les paliers à effectuer sans avoir besoin des tables.
- ✓ Il indique la vitesse de remontée et avertit lorsqu'elle est trop rapide.
- ✓ Il permet de simuler des plongées.

Les plus récents des ordinateurs prennent en compte la pression d'air dans la bouteille ainsi que la température de l'eau. Ils en tiennent compte pour calculer la décompression. Certains sont même reliés au 1^{er} étage du détendeur par radio pour avoir les indications de pression, ce qui évite d'avoir un tuyau supplémentaire relié à un manomètre.

Les rincer et les protéger des chocs. Attention aux atmosphères chaudes et humides (sac de plongée dans une voiture au soleil) qui déchargent les piles.

REGLEMENTATION

INTRODUCTION :

La pratique de la plongée sous-marine est classée, par le ministère de la jeunesse et des sports comme activité à hauts risques et trouve donc, par voie de conséquence, pourvue d'un environnement réglementaire stricte.

DIFFERENTES SORTES DE REGLEMENTATION :

- ✓ Les divers Codes (Civil, Pénal, du Sport).
- ✓ Les diverses réglementation (arrêtés, règlements, etc...).
- ✓ Le Certificat médical.
- ✓ La licence et affiliation à un club.
- ✓ Les assurances.
- ✓ La chasse sous-marine.
- ✓ Les éléments relatifs aux bateaux de plongée et au contrôle des blocs.
- ✓ Les milieux protégés, la recherche archéologique, etc...

LES DIVERSES REGLEMENTATIONS :

Le code du sport : (extraits concernant les N2)

Journal officiel du 22 février 2012 et modificatif du 17 avril 2012

Art. A. 322-72. – Sur le site de l'activité subaquatique, la pratique de la plongée est placée sous la responsabilité d'un directeur de plongée présent sur le lieu de mise à l'eau ou d'immersion de la palanquée.

« Il est responsable techniquement de l'organisation, des dispositions à prendre pour assurer la sécurité des plongeurs et du déclenchement des secours.

« Il s'assure de l'application des règles et procédures en vigueur.

« Il fixe les caractéristiques de la plongée et établit une fiche de sécurité comprenant notamment les noms, les prénoms, les aptitudes des plongeurs et leur fonction dans la palanquée ainsi que les différents paramètres prévus et réalisés relatifs à la plongée. Cette fiche est conservée une année par tout moyen par l'établissement.

Art. A. 322-73. – Plusieurs plongeurs qui effectuent ensemble une plongée présentant les mêmes caractéristiques de durée, de profondeur et de trajet, y compris s'ils respirent des mélanges différents, constituent une palanquée.

« Lorsque la palanquée est composée de plongeurs justifiant d'aptitudes différentes ou respirant des mélanges différents, elle ne doit pas dépasser les conditions maximales d'évolution accessibles au plongeur justifiant des aptitudes les plus restrictives ou du mélange le plus contraignant.

Les plongeurs mineurs ne sont pas autorisés à évoluer en autonomie.

Art. A. 322-74. – Lorsqu'en milieu naturel la palanquée en immersion est dirigée par une personne l'encadrant, celle-ci est titulaire d'une qualification mentionnée à l'annexe III-15 b.

Cette personne est responsable du déroulement de la plongée et s'assure que ses caractéristiques sont adaptées aux circonstances et aux aptitudes des plongeurs.

Art. A. 322-76. – En fonction des gaz utilisés, du niveau de qualification de l'encadrement et des aptitudes des plongeurs, les espaces d'évolution sont définis comme suit :

- « Espace de 0 à 6 mètres ;
- « Espace de 0 à 12 mètres ;
- « Espace de 0 à 20 mètres ;
- « Espace de 0 à 40 mètres ;
- « Espace de 0 à 60 mètres ;

(...)

« La plongée subaquatique à l'air est limitée à 60 mètres.

« **Art.A.322-78.** – I. – Les pratiquants ont à leur disposition sur le lieu de mise à l'eau ou d'immersion un plan de secours ainsi que le matériel de secours suivant :

« – un moyen de communication permettant de prévenir les secours. Une VHF est nécessaire lorsque la plongée se déroule en mer au départ d'une embarcation support de plongée ;

« – de l'eau douce potable ;

« – un ballon auto-remplisseur à valve unidirectionnelle avec sac de réserve d'oxygène et trois masques (grand, moyen, petit) ;

« – un masque à haute concentration ;

« – un ensemble d'oxygénothérapie médicale normobare d'une capacité suffisante pour permettre, en cas d'accident, une prise en charge adaptée à la situation jusqu'à l'arrivée des secours médicaux, avec manodétendeur, débit-litre et tuyau de raccordement au ballon auto-remplisseur à valve unidirectionnelle ou au masque à haute concentration ;

« – une couverture isothermique ;

« – des fiches d'évacuation selon un modèle type en annexe III-19.

« Le plan de secours est un document écrit, adapté au lieu et à la plongée pratiquée, régulièrement mis à jour et porté à la connaissance du directeur de plongée, des personnes encadrant les palanquées et des plongeurs autonomes. Il précise notamment les modalités d'alerte en cas d'accident, les coordonnées des services de secours et les procédures d'urgence à appliquer en surface à la victime.

« II. – Ils ont en outre le matériel d'assistance suivant :

« – une bouteille d'air de secours équipée de son détendeur et, en cas de plongée effectuée avec un mélange respiratoire autre que l'air, une ou plusieurs bouteilles de secours équipées de détendeurs, dont le contenu prévu par le plan de secours est adapté à la plongée organisée ;

« – un moyen de rappeler un plongeur en immersion depuis la surface, lorsque la plongée se déroule en milieu naturel, au départ d'une embarcation ;

« – une tablette de notation immergeable ;

« – en milieu naturel, au-delà de la profondeur de 6 mètres, un jeu de tables de décompression.

« III. – Le matériel de secours est régulièrement vérifié et correctement entretenu.

« **Art. A. 322-86.** – Une palanquée constituée de plongeurs justifiant des aptitudes PE-40 peut évoluer dans l'espace de 0 à 40 mètres sous la responsabilité de la personne encadrant la palanquée.

« **Art. A. 322-88.** – Les plongeurs majeurs justifiant des aptitudes PA-12 sont, sur décision du directeur de plongée, autorisés à plonger en autonomie dans l'espace de 0 à 12 mètres.

« Les plongeurs majeurs justifiant des aptitudes PA-20 sont, sur décision du directeur de plongée, autorisés à plonger en autonomie dans l'espace de 0 à 20 mètres.

Cette autonomie n'est ni systématique, ni obligatoire. Le directeur de plongée peut parfaitement juger, en fonction des difficultés ponctuelles de la plongée de votre méforme passagère, ou de tout autres critères qui lui sont propres, de ne pas vous accorder, pour la plongée en question, ces possibilités d'autonomie.

L'effectif de la palanquée sera de 2 plongeurs minimum et 3 maximum.

Cette autonomie n'existe pas en pratique indépendante. Elle n'est envisageable qu'au sein d'une structure.

Le certificat médical :

La fourniture d'un Certificat médical d'Absence de Contre-Indication (CACI) à la pratique de la plongée sous-marine en bouteille est exigée, pour être autorisé à pratiquer la plongée. Ce certificat est reconnu valable pour une année.

Il peut être établi par tous type de médecin.

La licence fédérale :

- ✓ La licence est délivrée chaque année lors de l'adhésion à votre club.
- ✓ C'est l'attestation de votre adhésion à la FFESSM au travers de votre club.
- ✓ C'est un permis de chasse sous-marine pour les plus de 16 ans.
- ✓ C'est une attestation d'assurance

Les assurances :

Elles garantissent leurs souscripteurs qu'en matière de responsabilité civile. Les contrats généraux d'assurance multirisques, dont chacun est, en général, titulaire ne couvrent pas la pratique de ce sport, « à hauts risques » qu'est la plongée subaquatique. Pour ce faire la FFESSM a souscrit un contrat de couverture de responsabilité civile pour la pratique de l'activité sportive et de ses situations annexes : transport, accident sur les lieux de l'activité etc... Le bénéfice de ce contrat général est rétrocédé à chaque adhérent d'un club affilié et attesté par la licence en cours. Il couvre également la personne morale qu'est le club. C'est donc une protection pour les dégâts éventuellement causés à autrui qui est automatiquement fournie par la délivrance de la licence.

Le problème reste posé pour les compétitions et les garanties pour soi-même. Pour la compétition est faite obligation de souscrire une assurance complémentaire. Pour soi-même, 3 formules d'assurance complémentaires facultatives sont proposées, prévoyant des garanties de plus en plus étendues financièrement et géographiquement (voir les contrats dans les clubs).

Le contrôle des blocs

Le marquage des blocs

Les marques d'identité :

- ✓ Nom du constructeur.
- ✓ Lieu, année, numéro d'ordre de fabrication.
- ✓ Volume intérieur en litres.
- ✓ Masse de la bouteille.
- ✓ Pression de la 1ère épreuve, précédée des lettres « PE » et exprimée en bars.

Les marques de service :

- ✓ La nature du gaz contenu.
- ✓ La pression de service maximale à la température de 15°C, précédée de la mention C15°.
- ✓ Les dates de requalifications successives suivies du poinçon du service des mines (tête de cheval) ou de l'organisme habilité APAVE (tête de Denis Papin).

Les marques complémentaires

- ✓ Marque de la communauté européenne

	92 AA	M25 X 200 SPIROTECHNIQUE		
02-92	V 15 L	038110	C15° 200 bar	PE 300 bar
		M 18,4 Kg	AIR	

Délais de requalification :

Bouteilles métalliques :

- ✓ Vérification 1 fois par an.
- ✓ Requalification périodique tous les deux ans maximums

Dérogation pour les blocs appartenant ou entretenus par un club fédéral

- ✓ Vérification tous les ans (TIV).
- ✓ Requalification périodique tous les 6 ans maximum.

ORGANISATION D'UNE PLONGEE AUTONOME

Les plongeurs majeurs de niveau 2 sont, sur décision du DP, autorisés à plonger entre eux dans l'espace de 0 à 20m (article A . 322-88 du code du sport). Si la palanquée est constituée de plongeurs majeurs de niveaux 2 et 3, celle-ci n'est autorisée à évoluer que dans l'espace de 0 à 20m de profondeur.

AVANT LA PLONGEE

Lorsque les plongeurs de niveau 2 sont autoriser à plonger en autonome, ils devront :

- ✓ Respecter les directives du DP.
- ✓ Former une palanquée de 2 ou 3 plongeurs.
- ✓ Être équipés :
 - D'un gilet stabilisateur avec direct système.
 - D'un profondimètre, une montre et un jeu de tables ou d'un timer et un jeu de tables ou d'un ordinateur.
 - Un octopus.
- ✓ Évoluer dans l'espace jusqu'à 20m.
- ✓ Planifier la plongée et notamment calculer les majorations. La plongée sera basée sur le plongeur qui aura la plus forte majoration.
- ✓ S'imprégner du parcours à effectuer sous l'eau et rechercher depuis la surface les éléments pouvant déjà servir à l'orientation (soleil, courants, profondeur, récifs, etc...).
- ✓ Vérifier son matériel et celui des autres.
- ✓ Donner un point de rassemblement dans l'eau (surface au mouillage).
- ✓ Vérifier l'ouverture des détenteurs en inspirant et s'assure que l'aiguille du manomètre ne bouge pas.

PENDANT LA PLONGEE

- ✓ Fixer un point de rassemblement au fond ou en surface et prendre les repères pour l'orientation
- ✓ Effectuer la plongée en respectant les directives données sur le bateau (temps, profondeur, trajet, décompression).
- ✓ Vérifier sa consommation d'air et la communiquer aux autres.
- ✓ Rester groupés et être prêt à assurer une assistance à un des coéquipiers qui serait en difficulté.
- ✓ Contrôler son orientation.
- ✓ Gérer la remontée à la vitesse préconisée et effectuer les paliers nécessaires.
- ✓ Retour au bateau, stab gonflée, détenteur en bouche (ou tuba) et masque sur le visage.

APRES LA PLONGEE

- ✓ Noter l'heure de sortie de l'eau. En cas de successive, calculer la majoration de la 2^{ème} plongée.
- ✓ Vérifier son matériel et le ranger.
- ✓ Noter les paramètres de la plongée sur le carnet.
- ✓ Informer le DP du déroulement de celle-ci. Signaler tout incident.

NOTA :

Ne pas oublier que le but de la plongée est de se faire plaisir et de voir un maximum de choses sous l'eau. Ne pas chercher à faire systématiquement de la plongée technique. Cette dernière, une fois acquise, n'est que le moyen de vous permettre d'effectuer une exploration en tout confort et toute sécurité. Il est préférable d'observer la flore et la faune, de rechercher les endroits intéressants qui vous auront été communiqués par le directeur de plongée. Ne pas également chercher à faire une course sous l'eau, mais se déplacer lentement, s'arrêter souvent. Les poissons, curieux, viendront d'eux-mêmes à vous.

Notes



