



Préparation au niveau 2  
de plongeur FFESSM

**Théorie**

Stade de Vanves - section plongée  
(FFESSM n° 07-92-0168)

Édition 2010

# Sommaire

Préparation au niveau 2 de plongeur FFESSM .....	1
1) Rappels et approfondissement du Niveau 1 .....	3
1.1 ARCHIMEDE - notion de flottabilité .....	3
1.2 MARIOTTE - relation entre pression et compression des gaz .....	5
1.3 Les barotraumatismes .....	9
1.4 Espaces d'évolution et prérogatives du Niveau 1 .....	14
2) Le Niveau 2 à la FFESSM .....	16
A) Objectif général .....	16
B) Conditions de candidature .....	16
3) La plongée en tant que Niveau 2 .....	16
3.1) Quelles sont les prérogatives du plongeur Niveau 2 .....	16
3.2) Dans quelles conditions le plongeur Niveau 2 peut-il plonger : .....	18
4) Notions de physique .....	20
4.1 Loi de DALTON .....	20
4.2 Loi de HENRY – accident de décompression (ADD) .....	21
5) D'autres accidents .....	27
5.1 Intoxication par le gaz carbonique – l'essoufflement .....	27
5.2 Intoxication par l'oxygène (hyperoxie) .....	28
5.3 La narcose (ivresse des profondeurs) .....	29
5.4 Accidents dus au froid .....	31
5.5 Noyade .....	32
6) Tables de plongée à l'air .....	33
6.1 Présentation des Tables : comment les lire .....	33
6.2 Plongée sans palier – la courbe de sécurité .....	34
6.3 Plongée simple .....	35
6.4 Plongées consécutives .....	37
6.5 Plongées successives .....	37
6.6 Remontée trop lente (< 15 m/min) .....	39
6.7 Remontée trop rapide (> 15 m/min) .....	39
6.8 Cas d'un palier interrompu .....	40
7) Matériel .....	41
7.1 Ordinateur .....	41
7.2 Compresseur .....	45
7.3 Bouteille /Bloc .....	45
7.4 Détendeur .....	46
7.5 Gilet Stabilisateur (Stab) .....	50
8) Quelques signes usuels .....	51

# 1) Rappels et approfondissement du Niveau 1

## 1.1 ARCHIMEDE - notion de flottabilité

Il existe une relation entre le poids, le volume et la flottabilité d'un corps, comme vous pouvez vous en rendre compte à tout moment en plongée :

- en pratiquant les exercices de poumon ballast ;
- en portant votre bloc en surface, puis sous l'eau.

On en conclut que le poids d'un objet immergé dans un liquide est inférieur à son poids dans l'air. Le poids de l'objet dans l'air est appelé **poids réel**, tandis que le poids immergé est appelé **poids apparent**.

Le principe d'Archimède énonce que tout corps plongé dans un liquide subit une force verticale dirigée du bas vers le haut et égale au poids du volume de liquide déplacé, ce qui s'exprime aussi sous la forme :

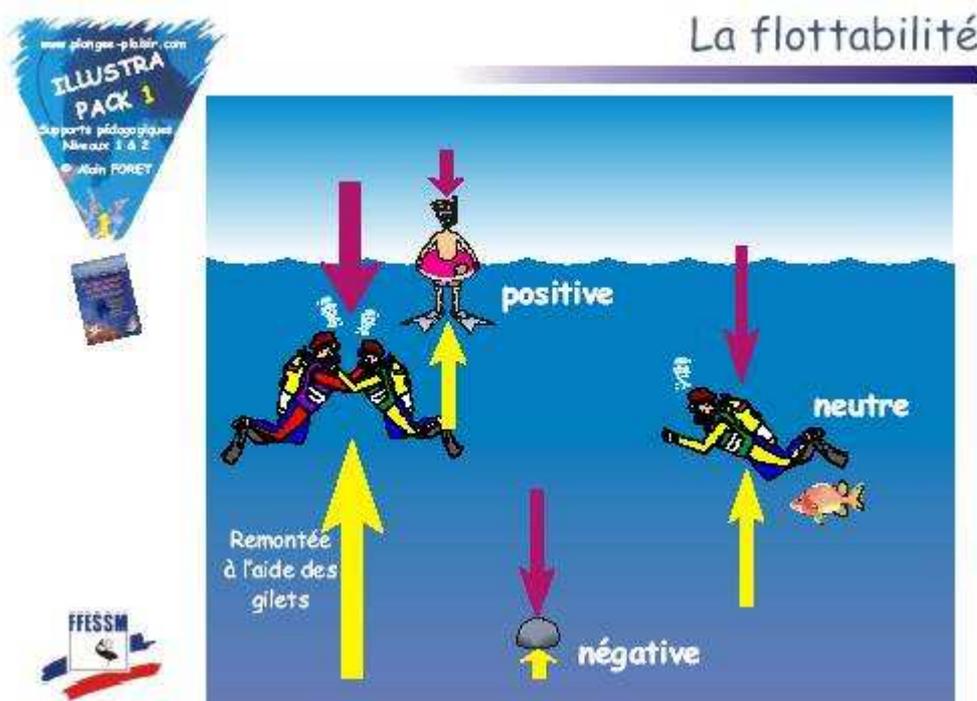
$$\text{Poids réel} - \text{Poussée d'Archimède} = \text{Poids apparent}$$

Autrement dit, du fait de la poussée d'Archimède, le poids réel de l'objet est en partie compensé (allégé), on parle alors de poids apparent de l'objet.

Lorsque le **poids apparent** d'un objet est **positif**, il coule. On dit que sa **flottabilité est négative**.

Si le **poids apparent** d'un objet est **négatif**, celui-ci reste à la surface et **flotte**. On dit qu'il a une **flottabilité positive**.

Enfin, lorsque le **poids apparent** d'un objet est **nul**, c'est-à-dire qu'il flotte entre deux eaux, on dit que sa **flottabilité est neutre**.





### Illustrations en plongée de l'effet de la poussée d'Archimède :

L'utilisation d'une **combinaison**, en augmentant le volume du corps, augmente la flottabilité d'un plongeur. Pour avoir une flottabilité neutre à trois mètres en fin de plongée, il faut augmenter son poids apparent, on utilise une ceinture de plomb. La combinaison s'écrase avec l'augmentation de la pression due à la profondeur. La flottabilité diminue donc avec la profondeur jusqu'à rendre la plongée pénible. Il faut en effet fournir un effort de plus en plus important avec la profondeur pour se maintenir à une profondeur donnée.

Le **poumon ballast** est utilisé pour augmenter ou diminuer sa flottabilité, pour exécuter l'immersion en phoque, pour se maintenir stabilisé à une profondeur donnée (la respiration obligatoire entraîne des variations de volume du corps qui influent sur la flottabilité).

La possibilité de **levage d'objets** immergés par l'utilisation de parachutes de relevage remplis d'air de façon appropriée :

Soit un caisson d'appareil photo de volume 3 litres, de poids réel 1,5 kg.

Son poids apparent est  $(1,5 - 3)$  soit -1,5 kg.

Le caisson flotte.

Aussi, pour rendre neutre la flottabilité, il faut lester le caisson de 1,5 kg.

## 1.2 MARIOTTE - relation entre pression et compression des gaz

### Notion de PRESSION

La notion de pression accompagne le plongeur à chaque instant de son activité. Le plongeur subit les pressions et doit s'y adapter, nous allons donc les définir et en étudier quelques aspects.

#### Une FORCE (F)

Elle est définie comme toute cause capable de déformer un corps, de modifier l'état de mouvement d'un corps. L'unité que nous utiliserons est le kilogramme-force (Kgf).

#### Une SURFACE (S)

Elle est définie comme étant une figure géométrique à deux dimensions. L'unité utilisée est le mètre carré (m<sup>2</sup>), le centimètre carré (cm<sup>2</sup>).

*Il existe une relation entre une force et la surface sur laquelle elle s'applique.*

Par exemple, il est plus facile de marcher sur une épaisse couche de neige avec des raquettes aux pieds que de marcher dans la même couche de neige sans raquette. De même il est plus facile d'enfoncer une punaise dans une planche de bois par la pointe que par la tête.

C'est ce qu'exprime la notion de PRESSION,

**Une PRESSION est l'application d'une force sur une surface, ce qui s'écrit mathématiquement :**

$$P = \frac{F}{S}$$

Ainsi, la pression augmente avec l'augmentation de la force et/ou avec la diminution de la surface.

F s'exprime en Kgf, S s'exprime en cm<sup>2</sup>, P s'exprime en bars (b) et

$$1 \text{ b} = \frac{1 \text{ kgf}}{1 \text{ cm}^2}$$

La pression à laquelle nous sommes soumis en permanence est **la PRESSION ATMOSPHÉRIQUE (Patm)**. Elle est due au poids de la masse d'air qui entoure la terre.

Cette pression diminue avec l'altitude. Sa valeur au niveau de la mer est 760 mm de mercure (mm Hg). On l'exprime aussi en atmosphère (atm) et en bars. Ainsi :

$$\text{Patm} = 760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ atm} = 1 \text{ b}$$

En plongée, nous sommes soumis de plus à la pression de l'eau **ou PRESSION HYDROSTATIQUE**, cette pression est variable avec la profondeur.

Cette pression, que nous appelons **PRESSION RELATIVE (PR)**, augmente de 1 bar tous les 10 m.

Ainsi à 20 m elle est de 2 b, à 27 m elle sera de 2,7 b, à 30 m elle sera de 3 b...

Mais deux points situés à un même niveau seront soumis à une même pression.

Nous serons soumis, au total, à une **PRESSION ABSOLUE (Pabs)** qui sera la somme de la Pression atmosphérique et de la Pression Relative.

$$\text{Pabs} = \text{Patm} + \text{PR}$$

A tout moment nous devons être capables de connaître la Pabs à laquelle nous sommes soumis en fonction de la profondeur de notre plongée ; de même nous devons savoir calculer la profondeur de notre plongée à partir de la Pabs.

Ainsi, en plongée, nous subissons des variations de pression :

- à la descente : la pression augmente ;
- à la remontée : la pression diminue.

Il va donc falloir utiliser un **matériel adapté**.

Calculons par exemple :

- de 0 à 10 mètres, la pression absolue passe de 1 à 2 bars : elle est multipliée par deux ;
- de 10 à 20 mètres, la pression absolue passe de 2 à 3 bars : elle est multipliée par 1,5.

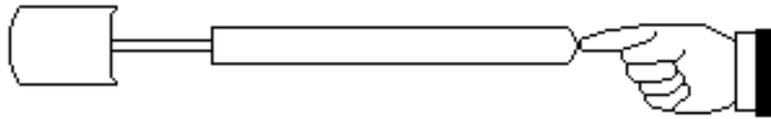
Les **variations de pression sont les plus importantes dans les dix premiers mètres**. Cette notion est importante pour la prévention des accidents de plongée.



## Notion de COMPRESSION DES GAZ

Les solides sont totalement incompressibles. Les liquides sont relativement incompressibles. Les gaz, par contre, peuvent être comprimés.

Il est facile de le constater sur une pompe à vélo, en obstruant l'extrémité avec un doigt et en poussant fortement sur le piston.

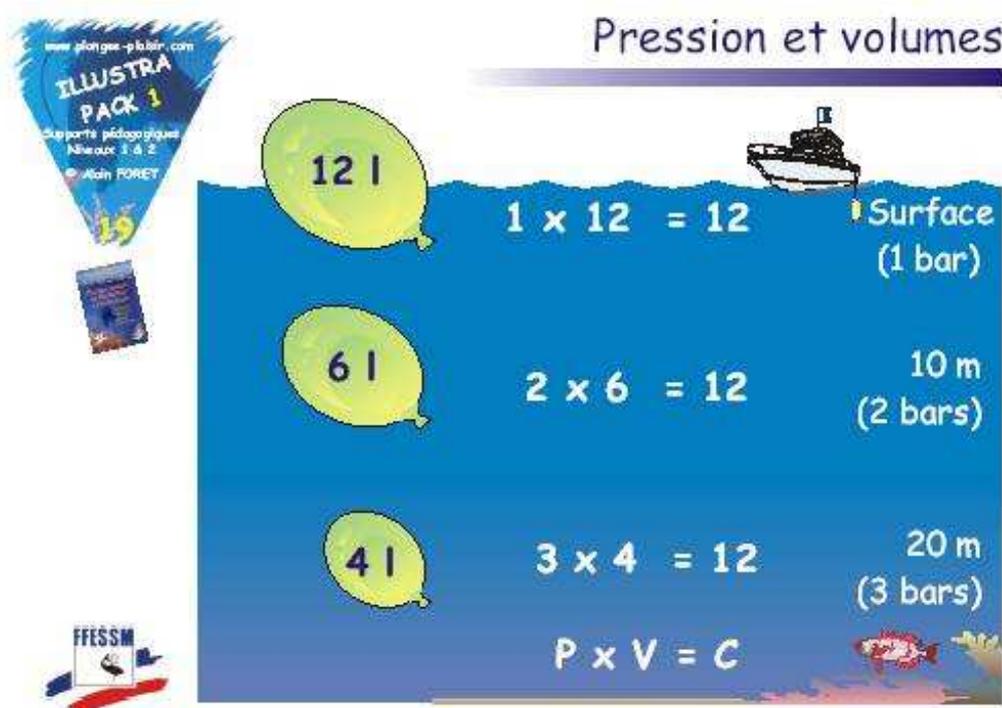


Si on remplit le corps de la pompe préalablement avec de l'eau, le piston ne bougera pas, alors qu'il s'enfoncera si le corps de la pompe est rempli d'air.

**Ainsi en plongée :**

- si on veut **maintenir constant le volume d'air dans son gilet stabilisateur** au fur et à mesure que l'on s'immerge, il faut rajouter de l'air régulièrement pour compenser exactement la diminution du volume de ce gaz sous l'effet de l'augmentation de la pression liée à l'augmentation de la profondeur à laquelle on se trouve ;
- lors de la **manœuvre de Valsalva**, nous injectons de l'air dans la caisse du tympan ;
- lorsque nous soufflons par le nez, dans le masque, à la descente, pour éviter le **placage du masque** ;
- nous **respirons d'autant plus d'air que nous descendons profond**.

Si on gonfle un ballon à une profondeur de 20 mètres, on constate qu'en surface son volume aura été multiplié par 3, alors que la pression aura été divisée par 3.



**Le produit de la pression par le volume est constant.** Il est égal à 12 dans cet exemple.

C'est ce principe qu'énonce **la loi de Boyle / Mariotte** : « A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression régnant au-dessus de ce gaz. »

$$\text{Pression} \times \text{Volume} = \text{Constante}$$

Cette relation entre les gaz et la pression à laquelle ils sont soumis permet de comprendre notamment le mécanisme des accidents barotraumatiques et leur prévention, le phénomène de compression de la combinaison, les différences de consommation d'air en fonction de la profondeur de la plongée ainsi que l'importance des 10 premiers mètres dans la possibilité de survenue de ce type d'accidents.

### Illustration 1 de Mariotte :

Soit un ballon de 30 litres en surface, quel est son volume à une profondeur de 20 mètres ?

A la surface,  $P_{\text{abs.}} = P_{\text{atm.}} = 1 \text{ bar}$ .

A 20 mètres,  $P_{\text{abs.}} = P_{\text{atm.}} + P_{\text{rel.}} = 1 + 2 = 3 \text{ bars}$ .

Soit : 1 l'état du ballon en surface, 2 son état à 20 mètres.

On a :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$  d'où  $V_2 = P_1 \times V_1 / P_2 = 1 \times 30 / 3 = 10 \text{ litres}$ .

Quel est son volume à 40 mètres ?

A 40 mètres  $P_{\text{abs.}} = P_{\text{atm.}} + P_{\text{rel.}} = 1 + 4 = 5 \text{ bars}$

D'où  $V_2 = 1 \times 30 / 5 = 6 \text{ litres}$

### Illustration 2 de Mariotte : relevage

Un plongeur doit remonter l'ancre de son bateau.

Celle-ci pèse 50 kg et a un volume de  $10 \text{ dm}^3$  (1 litre d'eau occupe  $1 \text{ dm}^3$  et pèse 1 kg).

Elle se trouve à 40 mètres de profondeur.

Le plongeur attache un « parachute » à l'ancre et le gonfle jusqu'à un volume de 30 litres.

Cela sera-t-il suffisant pour remonter l'ancre ?

Le poids apparent de l'ancre est 50 kg moins la poussée d'Archimède ( $10 \text{ l d'eau} \times 1 \text{ kg} = 10 \text{ kg}$ ) soit 40 kg.

L'air introduit dans le parachute va augmenter la poussée d'Archimède de  $30 \times 1 = 30 \text{ kg}$ .

Donc l'ensemble ancre + parachute a un poids apparent de  $40 - 30 = 10 \text{ kg}$ , ce qui veut dire que l'ancre va rester au fond.

Le plongeur va devoir soit rajouter de l'air dans le parachute, soit remonter l'ancre en palmant vers la surface. A quelle profondeur devra-t-il remonter l'ancre pour qu'elle remonte seule ?

A 40 mètres, la pression est de 5 bars et le volume d'air dans le parachute est de 30 litres.

La loi de Mariotte pose :  $P \times V = P' \times V'$

Pour que l'ancre remonte seule, il faut équilibrer son poids apparent donc  $V' = 40 \text{ litres}$

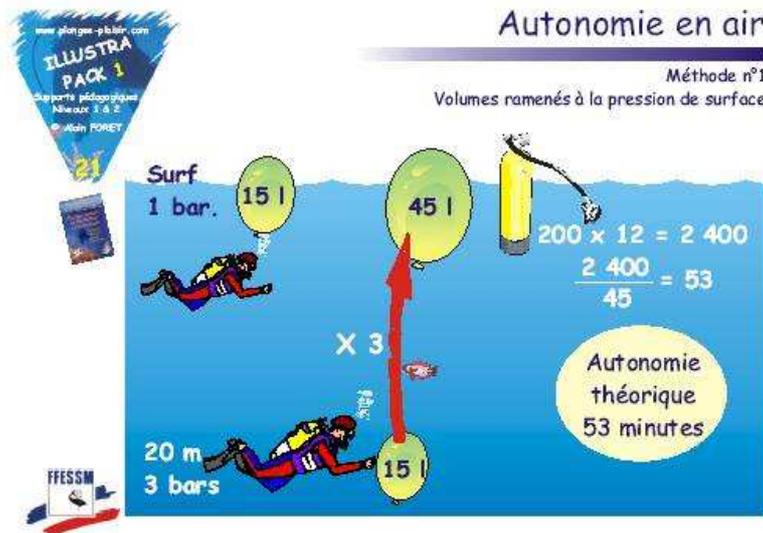
Donc  $P' = (P \times V) / V'$  soit  $P' = (5 \times 30) / 40 = 3,75 \text{ bars}$

Le plongeur devra remonter l'ancre de 40 mètres à 27,5 mètres, profondeur à partir de laquelle le parachute pourra faire remonter l'ancre seul.

### Illustration 3 de Mariotte : calcul d'autonomie

On dispose d'un bloc de 12 litres gonflé à 200 bars. A une profondeur de 20 mètres en consommant 15 litres par minute, de combien de temps dispose-t-on pour plonger ?

#### Méthode 1 : calcul à la pression en surface



#### Méthode 2 : calcul à la pression ambiante

On dispose d'un volume de 200 bars de pression, ce qui représente un volume de  $200 \times 12 = 2400$  litres à la pression atmosphérique.

A 20 mètres, soit 3 bars de pression, on a  $V_2 = 200 \times 12 / 3 = 800$  litres à la pression ambiante. En consommant 15 l / mn (à la pression ambiante), le bloc sera vide en  $800 / 15 = 53$  mn.

#### Pour aller plus loin :

On dispose d'un bloc de 12 litres gonflé à 200 bars. En consommant 15 litres par minute, en combien de temps est-on **sur réserve**, à une profondeur de 20 mètres ?

On sera sur réserve après avoir consommé 150 bars de pression, ce qui représente un volume de  $150 \times 12 = 1800$  litres. A 20 mètres, soit 3 bars, on a  $V_2 = 150 \times 12 / 3 = 600$  litres. En consommant 15 l / mn, la réserve sera atteinte en  $600 / 15 = 40$  mn

### 1.3 Les barotraumatismes

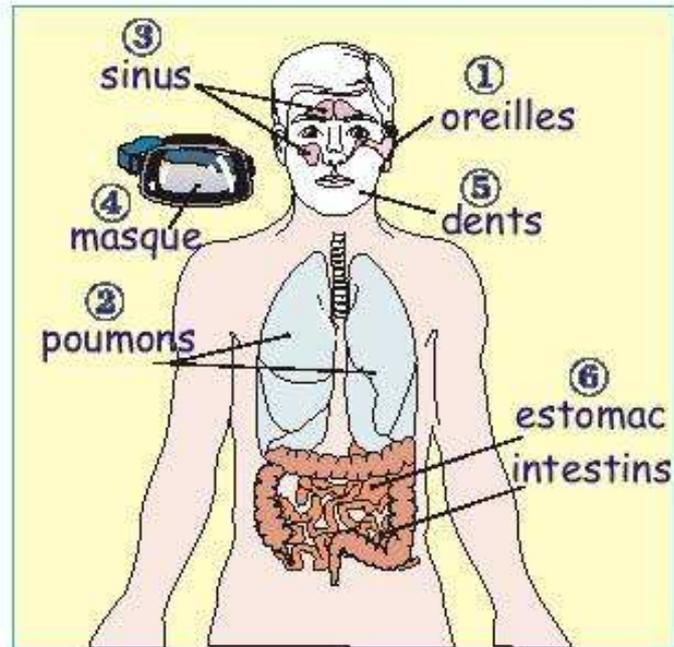
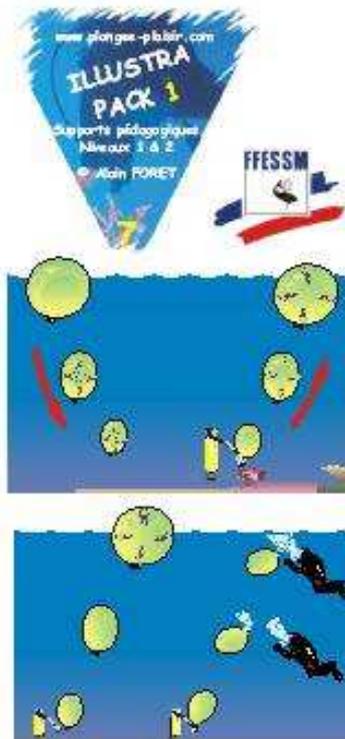
Les accidents barotraumatiques sont la **conséquence directe de la loi de Boyle / Mariotte**, ils sont dus à la pression ou à la variation de pression.

Quand le plongeur descend, la pression augmente avec la profondeur et le volume d'air (ou de gaz) contenu dans les cavités du corps humain diminue selon la loi de Boyle / Mariotte.

Inversement lors de la remontée, l'air respiré à la pression ambiante pendant la plongée, grâce au détendeur, et qui se trouve dans ces cavités, augmente de volume quand la profondeur et la pression diminuent.

Les plus grandes variations de pression se situant dans les dix premiers mètres, et il en est de même pour les variations de volume, les risques de barotraumatismes sont donc plus importants entre dix mètres et la surface.

## Barotraumatismes



### Le placage du masque

Pendant la descente, la pression augmente et l'air emprisonné entre le masque et le visage se met à une pression identique à la pression ambiante. La jupe du masque se déforme, elle accompagne cette variation de volume jusqu'à sa limite d'élasticité. Ensuite, il y a un effet d'aspiration des yeux dans le masque. Cet accident est l'équivalent d'un effet ventouse.

Les symptômes :

- dans l'eau : douleurs à l'œil, hémorragie nasale, vision trouble
- à la sortie : hématome à niveau de l'œil, œil rouge, vision trouble, saignement de nez

La conduite à tenir : souffler dans son masque par le nez + remonter

### Le barotraumatisme des sinus

Les sinus sont des cavités de la face. Ces cavités sont tapissées d'une muqueuse sécrétant un fluide à forte teneur en eau qui s'écoule dans les fosses nasales par un canal très étroit qui se bouche facilement. Cette eau sert à humidifier l'air que l'on respire.

- Si le canal est bloqué durant la descente, cela provoque des douleurs au niveau des sinus, pouvant se traduire par une hémorragie.
- Si le canal est bloqué durant la remontée, le volume de l'air emprisonné augmente, provoquant des douleurs au niveau des sinus.

Les symptômes : douleurs plus ou moins intenses, saignements de nez

La conduite à tenir :

- Si la douleur survient à la descente : remonter ;
- Si elle survient à la remontée (et oui, c'est possible), redescendre de quelques mètres (jusqu'à disparition de la douleur) et remonter lentement en modifiant la position de la tête ; de toute façon, il faut remonter... Attention, tenir compte de l'augmentation du temps de plongée dans le calcul des paliers.

Prévention : ne pas plonger en cas de rhume, sinusite, etc. ; ne jamais forcer à la descente devant l'apparition de la douleur.

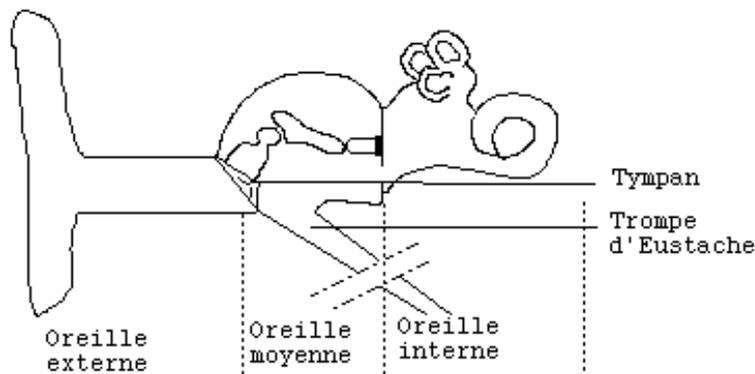
### Le barotraumatisme des oreilles

Anatomie succincte :

**L'oreille externe** comprend : le pavillon, le conduit auditif externe, le tympan qui sépare l'oreille moyenne de l'oreille externe

**L'oreille moyenne** est composée de la caisse du tympan, cavité contenant les osselets et communiquant avec l'arrière des fosses nasales par la trompe d'Eustache.

**L'oreille interne**, enfin, contient les organes de l'audition et de l'équilibre.



Il existe deux types de traumatisme :

► **déséquilibre de pression entre l'oreille moyenne et la pression ambiante** (généralement à la descente, en cas de rhume par exemple) : le volume d'air contenu dans la caisse du tympan se comprime et le tympan se déforme jusqu'à sa limite d'élasticité, puis se fissure, au pire se rompt.



Fréquents chez les plongeurs, ils peuvent être dus à des manœuvres de Valsalva trop puissantes ou à des équilibrations insuffisantes, répétées.

► **différence de pression entre les oreilles moyennes gauche et droite** : perturbation de la sensation d'équilibre, nausées (à la descente ou à la remontée).

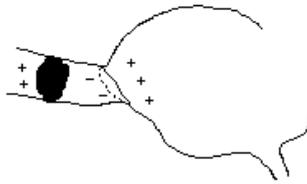
Les symptômes : dans l'eau, douleurs plus ou moins intenses, bourdonnements d'oreille à la sortie : hypoacousie ou surdité unilatérale (une seule oreille), hémorragie extériorisée.

La conduite à tenir : remonter

Prévention : ne jamais forcer une oreille qui ne veut pas passer ;  
équilibrer les oreilles avant que ne survienne la gêne, doucement et régulièrement ;  
descendre la tête en haut ;  
pas de manœuvre de Valsalva à la remontée ;  
inspirer de l'eau par le nez et se moucher.

Peuvent se voir aussi des accidents dus à une obstruction du conduit auditif externe. Ils surviennent à la descente ; les conséquences sont identiques à ce qui vient d'être vu. Il peut

s'agir de boules Quiès, de coton, d'un bouchon de cérumen ou de la cagoule d'une combinaison étanche ou de la cagoule trop ajustée d'un vêtement humide, plaquée sur le pavillon de l'oreille.



#### Astuces pour faciliter l'équilibration des oreilles :

coller la langue au palais lors du Valsalva ;

basculer la tête en arrière ;

entrouvrir la bouche.

Ces manœuvres peuvent être cumulées si les oreilles ne passent pas.

#### **Le barotraumatisme dentaire**

Les caries mal plombées ou mal soignées peuvent laisser une petite cavité en communication avec l'intérieur de la bouche. L'air contenu dans la dent aura du mal à suivre les variations de la pression ambiante à la remontée.

Les symptômes : dans l'eau, douleurs plus ou moins intenses, proches du barotraumatisme du sinus.

La conduite à tenir :

- Si la douleur survient à la descente : remonter ;
- Si la douleur survient à la remontée (et oui, c'est possible), redescendre de quelques mètres (jusqu'à disparition de la douleur) et remonter lentement en modifiant la position de la tête ; de toute façon, il faut remonter... Attention, tenir compte de l'augmentation du temps de plongée dans le calcul des paliers.

Prévention : aller chez le dentiste avant le début de la saison de plongée, ne pas forcer à la descente.

#### **Le barotraumatisme de l'estomac et de l'intestin**

L'air dégluti pendant la plongée se retrouve dans l'estomac et se détend lors de la remontée entraînant des douleurs. De même, les gaz provenant de la fermentation intestinale lors de la digestion se détendent pendant la remontée et provoquent des douleurs abdominales.

Les symptômes : dans l'eau, douleurs abdominales plus ou moins intenses.

La conduite à tenir : remonter, les douleurs persistent après la plongée quelques heures puis disparaissent spontanément.

#### **La surpression pulmonaire : le plus grave des barotraumatismes**

Lorsque le plongeur remonte vers la surface, l'air contenu dans les poumons se dilate. Si pour une raison quelconque le volume de gaz ne peut s'échapper vers la bouche ou le nez, l'air va continuer à se dilater jusqu'à atteindre la limite d'élasticité des poumons et provoquer le passage de l'air dans la circulation sanguine sous forme de bulles.

Ces bulles sont entraînées dans le courant sanguin et suivent la circulation jusqu'au cœur. Elles sont ensuite transportées par les artères vers le cerveau. En fonction de leur taille et de

celle des vaisseaux sanguins, elles finissent par se bloquer, provoquant l'interruption de l'irrigation sanguine en aval.

Les conséquences sont des lésions possibles au niveau des poumons, au niveau cérébral.

Les symptômes :

Douleur dans la poitrine (distension), douleur vive et brève si déchirure.

Toux, crachat de sang, difficultés à ventiler, arrêt ventilatoire.

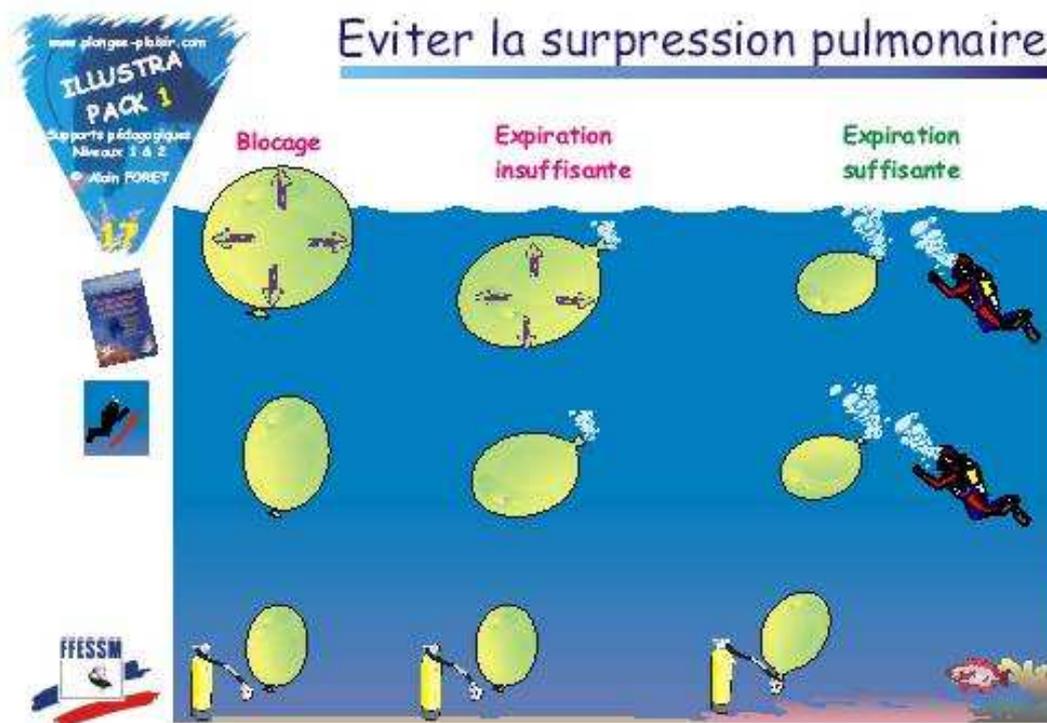
Air sous la peau au niveau du cou et épaules (emphysème sous-cutané).

Perte de sensibilité, perte de motricité droite ou gauche.

Arrêt cardiaque, mort.

La conduite à tenir : il faut administrer de l'oxygène pur, donner à boire, alerter les secours et organiser le transport d'urgence, médicalisé, vers le centre hyperbare le plus proche - surtout ne pas réimmerger le plongeur.

Prévention : ne jamais bloquer sa respiration en plongée, expirer à la remontée, laisser libre le passage de l'air.



**TABLEAU RÉCAPITULATIF SUR LES BAROTRAUMATISMES**

BAROTRAUMATISME	Symptômes	Traitement	Prévention
<b>Placage de masque</b>	Gêne, douleur	Collyre Pas de plongée 1 à 2 jours	Souffler par le nez
<b>Sinus</b>	Douleur Sang dans le masque	Rincer le nez à l'eau de mer Stopper remontée/descente	Pas de plongée avec un rhume ou forte sinusite Rincer le nez
<b>Estomac, Intestins</b>	Douleur Surpression de l'estomac	Stopper remontée/descente Évacuer l'excédent de gaz	Éviter les aliments générateurs de gaz intestinaux
<b>Dents</b>	Douleur Dent éclatée	Stopper remontée/descente	Inspection chaque année des dents
<b>Oreille</b>	Douleur Vertige et/ou nausée	Stopper remontée/descente, rincez le nez à l'eau de mer Pas de gouttes auriculaires en cas de déchirure du tympan Consulter un ORL	Rincer le nez Manœuvre d'équilibrage Valsalva ou BTV
<b>Surpression pulmonaire</b>	Douleur (distension) Douleur vive et brève (déchirure) Toux, crachat de sang Air sous la peau Difficulté ventilatoire Arrêt ventilatoire Perte sensibilité motricité droite ou gauche Arrêt cardiaque Mort	O <sub>2</sub> Hôpital d'urgence Pas de réimmersion	Contrôler sa vitesse de remontée : maîtrise du gilet et du poumon-ballast Laisser le passage de l'air Expirer de façon continue à la remontée Pas d'apnée en bouteille

### 1.4 Espaces d'évolution et prérogatives du Niveau 1

**Les plongeurs N1 plongent avec un encadrant niveau 4 minimum jusqu'à 20 mètres de profondeur au maximum.**

# Prérogatives niveau 1

Arrêté du 22 juin 1998



Espace proche : de 0 à 6 m

Espace médian :  
de 6 à 20 m



Niveau 4  
Guide de  
Palanquée

Accompagnés par



## 2) Le Niveau 2 à la FFESSM

### A) Objectif général

Le plongeur niveau II doit **posséder les compétences qui vont lui permettre d'évoluer entre plongeurs de même niveau, dans la limite des 20 m**, maximum 3 plongeurs par palanquée, suivant les normes définies. En cas d'incident, il doit être capable de porter assistance à son ou ses coéquipiers.

Encadré par un moniteur ou un plongeur niveau IV, il peut évoluer dans la zone des 40 m.

### B) Conditions de candidature

- Être licencié à la FFESSM (Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins)
- Être âgé de plus de 16 ans (autorisation parentale pour les moins de 18 ans)
- Être titulaire du Niveau 1 de la FFESSM ou d'un brevet ou d'une attestation admise en équivalence
- Être en possession d'un certificat de non contre-indication à la plongée de moins d'un an délivré par un médecin fédéral ou titulaire du CES médecine du sport
- Présentation du carnet de plongée
- Les candidats disposent de 15 mois pour acquérir l'ensemble des compétences

## 3) La plongée en tant que Niveau 2

### 3.1) Quelles sont les prérogatives du plongeur Niveau 2

► Les plongeurs de niveau 2 sont, sur décision du directeur de plongée, autorisés à plonger entre eux en **autonomie** entre 0 et 20 mètres), à condition que chacun des plongeurs ait 18 ans révolus. L'effectif minimum de la **palanquée** est de 2 plongeurs ayant au moins le niveau 2, l'effectif maximum est de 3 plongeurs ayant au moins le niveau 2.

► Les plongeurs de niveau 2 peuvent plonger en exploration encadrés par un guide de palanquée (plongeur niveau 4) jusqu'à 40 mètres). L'effectif maximum de la palanquée est de 4 plongeurs ayant au moins le niveau 2 plus le guide de palanquée.

► Les prérogatives du plongeur niveau 2 sont définies par le Code du sport, dans l'arrêté modifié du 18 juin 2010 (article A322-71 et suivants) et dans ses annexes (III-14a et suivantes).

### COMMENTAIRES ET REMARQUES :

a) **Le Directeur de Plongée** : il détermine les palanquées et définit les conditions de plongée. Quand des plongeurs de niveau 2 plongent en autonomie il ne doivent en aucun cas dépasser les 20 m de leurs prérogatives. Il fixe les paramètres de la plongée, y compris sa profondeur limite et sa durée maximum.

b) **Autonomie** : autonomie signifie que les responsabilités sont partagées, il n'y a pas de chef de palanquée. Il est indispensable que des plongeurs de niveau 2 devant plonger en autonomie discutent entre eux avant la plongée afin de la planifier, en fonction des directives du Directeur de Plongée, (surveillance du temps de plongée, orientation, profondeur maximum, etc.). Il est très important de **se mettre d'accord sur les modalités de la plongée, sur les signes utilisés**. Il faut se caler sur le moyen de calcul de la décompression le plus pénalisant. Il faut se renseigner sur les plongées effectuées par l'un ou l'autre des plongeurs. Savoir s'ils sont

gros consommateurs d'air et quel type de bloc ils utilisent (12 l, 15 l). Regarder le matériel qu'ils utilisent. Tout cela est important pour le bon déroulement de la plongée.

En plongée, autonomie veut dire que l'on est capable d'assister un plongeur en difficulté, ainsi chacun doit être attentif à l'autre surtout si on ne se connaît pas.

### **En tant que plongeur autonome, il faut :**

Avant de plonger :

- Connaître les plongeurs de sa palanquée (expérience, consommation d'air, condition physique, froid, fatigue...), connaître leur matériel.
- Connaître les plongées du matin ( si la plongée est l'après midi).
- Connaître le profil de la plongée à venir (topographie, courant, marée, possibilité de faire des paliers...) pour adapter la plongée en fonction de ces paramètres.
- Planifier sa plongée c'est-à-dire prévoir le scénario de la plongée en termes de :
  - Profondeur maximum
  - Temps maximum au fond
  - Plongée à palier(s) ou non
  - A quel moment la palanquée doit remonter : au bout de combien de minutes, à 50 bars ou plus.

Pendant la plongée

- Surveiller sa consommation d'air
- Rester groupé
- Communiquer au sein de la palanquée : profondeur max, temps restant sans palier, durée des paliers indiqués, consommation d'air
- Et savoir adapter la plongée en fonction des conditions réelles (courant non prévu...)

c) **Palanquée** : La palanquée désigne un groupe de plongeurs qui effectuent une plongée présentant les **mêmes caractéristiques de durée, profondeur et de trajet**. Une palanquée est donc un groupe homogène qui partage la même décompression. D'où l'importance de se mettre d'accord à l'avance sur le profil de la plongée et sur le moyen de décompression utilisé.

### 3.2) Dans quelles conditions le plongeur Niveau 2 peut-il plonger :

#### ► Les plongeurs de niveaux 2 évoluant entre eux doivent disposer de matériel obligatoire :

1. Un S.S.G. (Système de Sécurité Gonflable), gilet stabilisateur permettant de gagner la surface et de s'y maintenir.
2. Un équipement permettant d'alimenter en gaz respirable un équipier sans partage d'embout (1 détendeur équipé de 2 deuxièmes étages, c'est-à-dire un détendeur avec octopus).
3. Des moyens permettant de contrôler personnellement les caractéristiques de la plongée (montre, tables, profondimètre, ordinateur)



#### ► Pour plonger avec la FFESSM, le plongeur Niveau 2 doit posséder un **certificat médical** et être titulaire d'une **licence**

**Le certificat médical :** Un médecin généraliste peut délivrer un certificat médical pour le passage d'un niveau 1. Pour des diplômes supérieurs il faudra passer par un médecin fédéral ou un médecin du sport. Le certificat médical est obligatoire pour la pratique des activités subaquatiques.

La **licence FFESSM** est valable dans le monde entier, elle permet :

- D'être couvert par une **assurance en responsabilité civile** (valable du 1<sup>er</sup> octobre au 31 décembre de l'année suivante).
- De pouvoir moyennant un surplus financier de souscrire une assurance complémentaire Accident.
- D'être affilié à un club de la fédération F.F.E.S.S.M.
- De pouvoir passer des niveaux de plongée.
- De participer à des compétitions.
- De souscrire moyennant finance à un abonnement préférentiel à la revue SUBAQUA .
- D'obtenir des réductions dans certains magasins de plongée.
- De pouvoir chasser pour les plus de 16 ans.

► **En plongée avec bouteille, IL EST INTERDIT :**

- De plonger dans les zones interdites (réserves, zones militaires, zones interdites). Dans certaines réserves il peut y avoir des dérogations.
- De remonter quoi que ce soit du fond.
- D'avoir à bord d'un même bateau fusil et scaphandre, sauf dérogation si le bateau est habitable (Bateau de recherche scientifique ou surveillance de compétitions).
- De toucher une amphore, un objet, un gisement d'objets présentant un intérêt artistique ou archéologique.

► **En plongée avec bouteille, IL EST OBLIGATOIRE :**

- De signaler son activité sur un bateau par un pavillon Alpha ou Croix de Saint André.
- De se signaler par une bouée si on part de la plage.
- Les bateaux ne doivent pas approcher à moins de 100 m (si drapeau ou bouée).
- De signaler tout objet ou gisement d'objets présentant un intérêt artistique ou archéologique.
- De requalifier les bouteilles en temps voulu.
- De respecter ses prérogatives.

## 4) Notions de physique

### 4.1 Loi de DALTON

A part certains plongeurs qui respirent des mélanges spéciaux (nitrox, trimix, oxygène pur...), c'est de l'air normal mais comprimé qui se trouve dans les bouteilles de plongée.

L'air que nous respirons est constitué d'un mélange de gaz. Il est composé de 79 % d'azote, 20,9 % d'oxygène, 0,03 % de gaz carbonique, 0,07 % d'autres gaz.

Pour simplifier, on dira que l'air est composé de 79 % d'azote et 21 % d'oxygène.

Ces gaz, à partir d'une certaine pression, deviennent toxiques pour l'organisme. La pression toxique est différente pour chaque gaz.

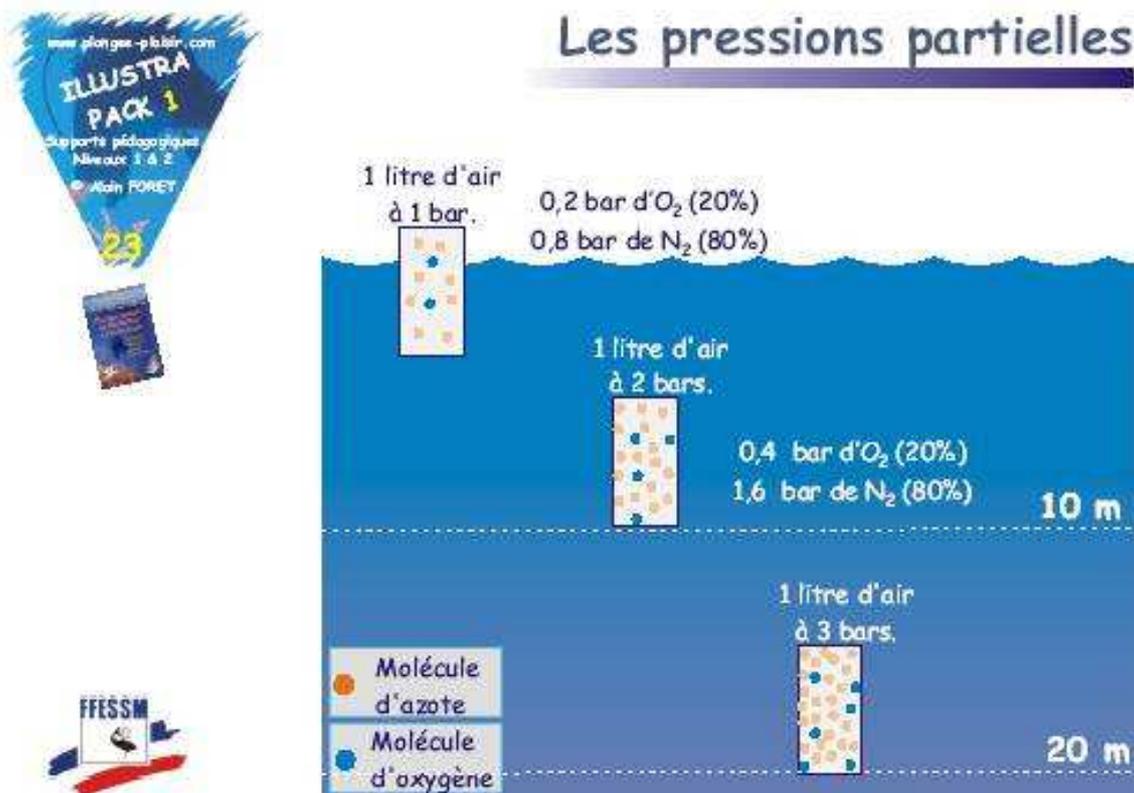
La pression toxique la plus basse est le facteur limitant la profondeur de nos plongées.

**Ce que dit la loi de Dalton** exprime la relation entre la profondeur et la pression des gaz, elle peut s'énoncer de trois façons:

1. La Pression partielle ( $P_p$ ) d'un gaz est la pression qu'exercerait ce gaz s'il occupait seul le volume disponible.
2. La pression partielle d'un gaz au sein d'un mélange est égale au produit de la pression totale ( $P_{abs}$ ) du mélange par la concentration de ce gaz ( $x/100$ ) au sein du mélange.

$$P_p = P_{abs} \times \frac{x}{100}$$

3. La somme des  $P_p$  des gaz constituant un mélange est égale à la  $P_{abs}$  du mélange. Ainsi, plus la pression régnant au-dessus d'un mélange de gaz augmente, plus la pression partielle de chacun des gaz constituant le mélange augmentera.



Exemple : Un plongeur se trouve à 20 m, donc la pression qui s'exerce sur lui est de 3 bars.

L'air qu'il respire est soumis à la même pression.

L'air est composé de 21 % d'oxygène et de 79 % d'azote, donc la pression partielle d'O<sub>2</sub>, d'après Dalton est de 21% x 3 bars soit 0,63 bar.

De même, la pression partielle de l'azote est de 79 % x 3 bars soit 2,37 bars

On peut remarquer que  $2,37 + 0,63 = 3$  bars

## 4.2 Loi de HENRY – accident de décompression (ADD)

Sous l'effet de la pression, les gaz se dissolvent dans les liquides. Cette dissolution dépend de la pression du gaz exercé au-dessus du liquide.



Lorsqu'on ouvre une bouteille d'eau gazeuse, on peut entendre un sifflement ; celui-ci correspond à la chute de la pression régnant dans la bouteille. Il se produit un dégagement gazeux sous forme de bulles dans la bouteille.

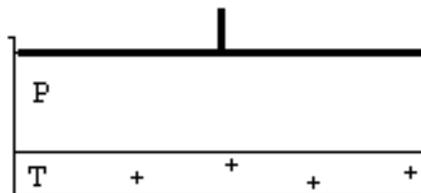
Le gaz était sous pression dans le liquide et l'ouverture de la bouteille a fait baisser la pression de manière brutale. C'est ce qui a provoqué ce dégazage important avec formation de bulles dans le liquide. On peut aussi faire apparaître les bulles dans le liquide en agitant la bouteille.

### EXPÉRIENCE pour mieux comprendre.

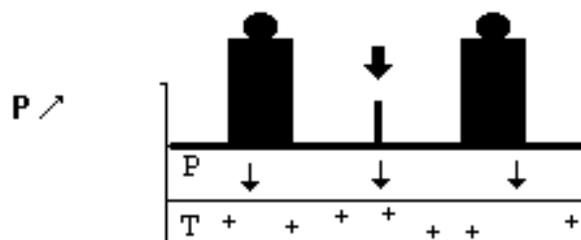
Dans une cuve se trouve un liquide au-dessus duquel se trouve un gaz. Un piston, rendu étanche par l'adjonction de joints toriques, est mobile au-dessus du liquide.

A l'équilibre, une certaine quantité de gaz est dissoute dans le liquide. L'autre partie de ce gaz se trouve dans l'espace au-dessus de la surface. Il exerce une **Pression (P)**. Le piston est immobile.

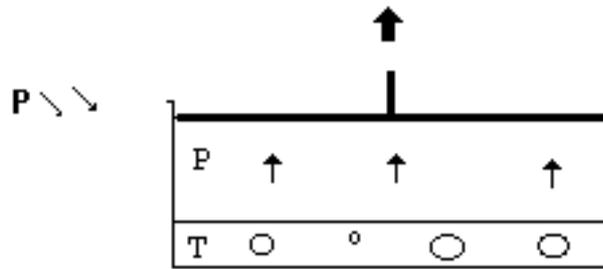
EQUILIBRE



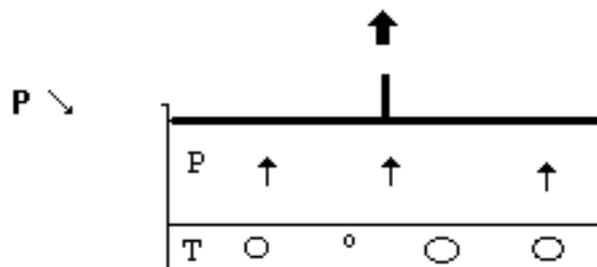
Si on **augmente la pression** régnant au-dessus du piston, le piston s'enfonce et la quantité de gaz dissous augmente.



Si on **remonte brutalement le piston**, la pression régnant au-dessus du liquide baissera brutalement et le dégazage sera visible sous forme de bulles.



Si on fait **remonter très lentement** le piston, la pression régnant au-dessus du liquide baissera très lentement et il n'y aura pas de bulles visibles.



C'est ce qui se passe lorsque le bouchon de la bouteille d'eau gazeuse n'est plus étanche.

C'est ce qu'exprime la **Loi de Henry** (loi de dissolution des gaz dans les liquides).

A température constante, la quantité de gaz dissout dans un liquide est proportionnelle à la pression exercée par ce gaz sur le liquide.

**EN PLONGÉE**, cette loi permet d'expliquer les **accidents de décompression**.

Les phénomènes sont tout à fait similaires à ce qui se passe dans la cuve. L'**azote** de l'air n'est pas utilisé par notre organisme (on dit que c'est un gaz inerte) ; sous pression (donc en profondeur), il **se dissout progressivement** dans les différentes parties de notre organisme. Lorsque la pression diminue (donc **à la remontée**), il va **dégazer petit à petit** pour être évacué par les poumons.

**Si on remonte trop vite, il se crée des bulles dans la circulation** sanguine qui risquent de bloquer le courant sanguin entraînant un accident de décompression.



Il est donc impératif de **respecter les paliers** donnés par les tables, et de **respecter la vitesse de remontée** qui fait elle aussi partie de la procédure de décompression.

Tous les gaz ne se dissolvent pas de la même manière dans toutes les parties du corps. Leur **dissolution dépend** notamment :

- de la pression ambiante, donc de la **profondeur** de la plongée
- du temps de contact entre le gaz sous pression et le corps, donc de la **durée** de la plongée
- de la surface de contact entre le gaz et le corps, donc **de l'irrigation des tissus** (ou parties du corps) d'où l'intérêt de l'entraînement qui permet au sujet entraîné d'avoir des échanges tissulaires plus performants.

La nature du dégazage dépend de différents facteurs, comme nous l'avons vu :

- la rapidité de diminution de la pression régnant au-dessus du liquide, donc **de la vitesse de remontée** ;
- la différence de pression entre celle de départ et celle d'arrivée, donc de la **profondeur atteinte** ;
- l'état d'agitation du corps (rythme cardiaque), donc de la **quantité d'effort** fournie au cours de la plongée.

### Description de la cause/ du mécanisme d'un accident de décompression (ADD)

Au cours de la plongée, l'air que respire le plongeur va être mis en contact avec le sang au niveau des poumons, puis il est transporté par le sang dans l'organisme par l'intermédiaire du système circulatoire. L'oxygène va être « brûlé » par les muscles donnant du gaz carbonique qui va être éliminé par la respiration. L'azote ne sert que de diluant.

Sous pression, l'azote se dissout progressivement dans les différentes parties de l'organisme (il passe de l'état gazeux à l'état liquide)

Plus le plongeur va descendre, plus la pression de l'air respiré va être grande et plus les différentes parties de l'organisme (sang, muscles, viscères, os...) vont absorber une grande quantité d'azote. L'azote se dissout d'autant plus que la plongée est longue et qu'elle donne lieu à des efforts importants.

A la remontée, l'azote reprend sa forme gazeuse ; il passe par la circulation sanguine sous forme de micro bulles circulantes qui vont être évacuées par les poumons qui agissent comme un filtre.

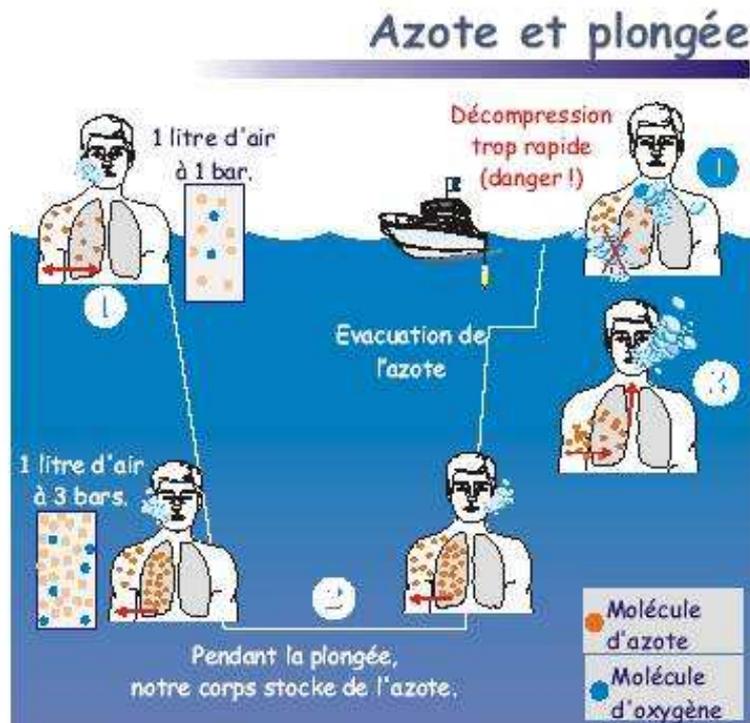
Si le plongeur remonte suffisamment lentement, l'azote aura le temps d'être éliminé par la respiration.

Par contre, si la remontée est trop rapide, il se produit un dégazage trop important qui va entraîner la formation de grosses bulles dans les tissus. Ce dégazage peut encore être augmenté si la décompression s'accompagne d'efforts physiques.

Ces bulles bloquent la circulation.

La taille des bulles augmente pendant la remontée sous l'influence de la loi de Boyle / Mariotte, ce qui a tendance à aggraver la situation.

Les bulles peuvent se coincer dans n'importe quel vaisseau sanguin et les symptômes qui permettent de détecter un ADD dépendront du ou des vaisseaux concernés.



### Conséquences d'un ADD

Les conséquences d'un ADD peuvent être très graves puisqu'elles peuvent aller du simple « accident mineur » à l'accident grave.

### Symptômes d'un ADD

Les symptômes peuvent apparaître très rapidement (souvent dès l'arrivée en surface) ou avec retard, jusqu'à 12 heures après la sortie de l'eau. Dans la majorité des cas, ils interviennent dans les quelques heures qui suivent.

#### 1) Les accidents cutanés

Le plongeur a des démangeaisons, picotements (puces) ou des gonflements douloureux en plaque sous la peau (moutons).

Ils sont dus au dégazage de l'azote dans les tissus de la peau. Ils peuvent annoncer des accidents majeurs.

#### 2) Les accidents ostéo-articulaires (bends)

Une vive douleur s'intensifiant apparaît à une articulation, en général, celle la plus sollicitée lors de la plongée; le plus souvent l'épaule, le genou ou le coude.

Sa mobilisation intensifie la douleur et en général le plongeur recherche des positions qui le soulagent.

#### 3) Troubles de l'oreille

- vertiges, nausées, vomissement.
- surdité ou audition difficile, bourdonnements d'oreille aigus.

#### 4) Troubles neurologiques

- épuisement, pâleur, angoisse, refroidissement, maux de tête.
- troubles sensitifs, de la vision, de l'audition, de la parole (mutisme) et du comportement (isolement du plongeur).

- crise convulsive, inconscience, coma.
- douleur violente localisée au bas du dos.
- fourmillement dans les jambes.
- impossibilité d'uriner.
- paralysie, en général des membres inférieurs, de la moitié ou de tout le corps.
- arrêt ventilatoire puis cardiaque.
- décès.

### **5) Troubles respiratoires et cardiaques**

- difficultés à respirer, douleur aiguë localisée au niveau de la poitrine (oppression) => œdème aigu.
- infarctus du myocarde (arrêt cardiaque).

### **Prévention d'un ADD**

- Respecter la vitesse de remontée
- Respecter les procédures de décompression( les paliers) et un intervalle de 30 secondes entre chaque palier
- Ventiler correctement
- Ne pas faire d'apnée après la plongée
- Ne pas faire d'efforts importants au cours et après la plongée.
- Faire attention au froid, à l'essoufflement, à la fatigue et arrêter la plongée au plus tôt. Ne pas plonger si on ne se sent pas « en forme »
- Ne pas effectuer de « profil inversé » - cf. croquis figures 2 et 4
- Ne pas faire de plongées « yoyo » - cf. croquis figures 3 et 6
- Ne pas faire de manœuvre de Valsalva à la remontée
- Éviter au maximum les plongées « successives »
- Vérifier son lestage (être trop lourd représente un effort)
- Ne pas effectuer de séjour en altitude, ni de voyage en avion, quelques heures après une plongée

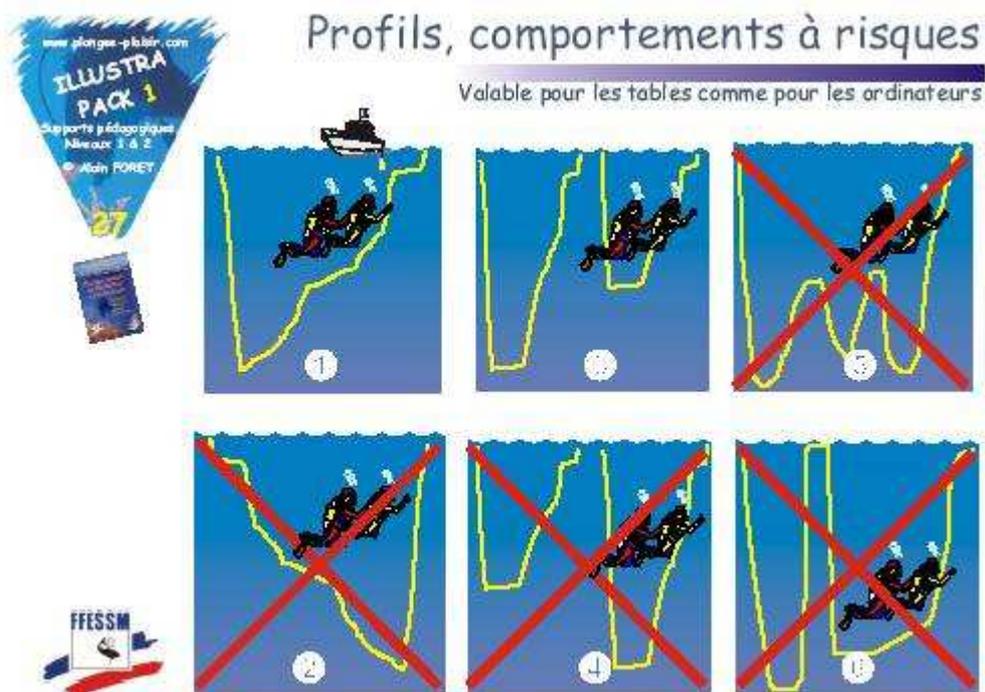
### **Traitement** (en tant que N2, votre rôle est de prévenir un moniteur)

Toute apparition de symptômes doit être prise au sérieux. Si un plongeur pense ressentir un des symptômes décrits ou si vous notez une attitude bizarre (personne silencieuse, à l'écart des autres, avec une attitude différente de son attitude habituelle), il faut rapidement :

- déséquiper et allonger la victime, les jambes surélevées.
- inhalation d'oxygène pur (15 l/minute)
- alerter les secours
- effectuer les gestes de réanimation en fonction de son état.
- Si la victime est consciente, la faire boire de l'eau douce (1 litre en 1 heure) et lui proposer de prendre de l'aspirine non effervescente (500 milligrammes) sauf allergie.
- Noter sur un papier (ou à même la peau) les paramètres de plongée et l'heure d'apparition des symptômes.
- Récupérer son ordinateur de plongée qu'il faudra donner aux secours.

- Faire évacuer la victime, le plus rapidement possible vers un centre hospitalier équipé d'un caisson hyperbare.
- Surveiller les coéquipiers de sa palanquée.

**ATTENTION :**  
**NE JAMAIS REIMMERGER LA VICTIME.**  
**DES QUE VOUS AVEZ ENTAME UNE PROCEDURE DE TRAITEMENT DE**  
**L'ADD , NE JAMAIS L'INTERROMPRE.**



Pour éviter les ADD en plongeant avec les tables de plongée MN90, il faut respecter la vitesse de remontée de 15m/mn, respecter un intervalle de 30 secondes entre chaque palier et la profondeur des paliers. Si on ne plonge pas avec ces tables, il faut respecter les indications données par son ordinateur.

## 5 ) D'autres accidents

### 5.1 Intoxication par le gaz carbonique – l'essoufflement

<b><u>Causes</u></b>	<p>Sous l'effet de la profondeur/pression, les efforts respiratoires sont plus importants, ce qui provoque :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- d'une part, la fatigue des muscles respiratoires</li><li>- d'autre part, une ventilation moins efficace, ce qui entraîne une augmentation du taux de gaz carbonique dans les alvéoles (puisque moins facilement éliminé) et donc une augmentation du taux de gaz carbonique sanguin. L'essoufflement survient du fait d'une mauvaise respiration ou d'un effort trop important; le froid, les émotions, un détendeur mal réglé qui diminue encore plus la ventilation, le manque d'entraînement sont des facteurs favorisants ; il peut aussi survenir si l'air de la bouteille est pollué.</li></ul>
<b><u>Conséquences</u></b>	<p>La respiration devient haletante ; l'essoufflement provoque une mauvaise ventilation qui est responsable d'une diminution du rejet de gaz carbonique donc d'une augmentation du taux de gaz carbonique dans le sang ; ce qui entraîne un essoufflement.</p> <p>Ainsi se forme un <b>cercle vicieux</b> dont il est impossible, en plongée, de sortir sans remonter près de la surface.</p>
<b><u>Symptômes</u></b>	<p>L'essoufflement est une gêne respiratoire avec respiration rapide, superficielle et anarchique, en fait inefficace</p> <p>En général le plongeur panique, et remonte, il risque alors une surpression pulmonaire, un ADD.</p> <p>Le plongeur (qui se croit en manque d'air) peut aller jusqu'à arracher son embout (pour respirer) et se noyer.</p>
<b><u>Prévention</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avoir une respiration calme et non forcée en plongée, en insistant sur l'expiration</li><li>• Ne pas copier la respiration du copain ou du moniteur, le rythme à trouver est propre à chaque individu</li><li>• Avoir un détendeur en bon état et en bon état de fonctionnement</li><li>• Avoir une protection suffisante contre le froid et remonter quand celui-ci survient</li><li>• Vérifier la bonne ouverture de la bouteille avant de plonger</li><li>• Éviter les efforts inconsidérés en plongée</li><li>• Dès que les 1ers symptômes se produisent, cesser tout effort et prévenir le moniteur qui agira en conséquence ( amorcera une remontée).</li></ul>
<b><u>Traitement</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se calmer, remonter sans attendre et sans fournir d'efforts, ne pas hésiter à se faire assister.</li><li>• Arrivée en surface : faire inhaler de l'oxygène pur à pression atmosphérique et allonger le plongeur dans un endroit bien aéré</li></ul>

## 5.2 Intoxication par l'oxygène (hyperoxie)

Les gaz respirés deviennent toxiques à partir d'une pression partielle spécifique à chaque gaz, c'est le cas de l'oxygène

Cet accident ne peut survenir à un plongeur utilisant de l'air comprimé, il surviendra dans le cas de plongée au mélange (plongées dans lesquelles la pression partielle de l'oxygène est modifiée) et du fait d'une mauvaise utilisation d'un mélange, plongées au nitrox, par exemple.

### 5.3 La narcose (ivresse des profondeurs)

<b><u>Causes</u></b>	La narcose, dont le mécanisme est mal connu, serait due à l'augmentation de la Pp de l'azote, mais aussi à celle du gaz carbonique associé (rôle de l'effort physique, de l'essoufflement...)
<b><u>Conséquences</u></b>	Des troubles peuvent apparaître à partir de 30 mètres chez certains plongeurs et elle est constante à partir de 50 mètres même chez le plongeur expérimenté ; tous les plongeurs utilisant de l'air comprimé sont narcosés.
<b><u>Symptômes</u></b>	<p>Les symptômes apparaissent à des profondeurs variables selon les individus, selon le contexte ; et pour un même individu, selon sa forme physique, son accoutumance à la profondeur.</p> <p>Les symptômes sont proches de ceux de l'ivresse alcoolique, avec comportement incohérent, euphorie, angoisse, etc. Une perte de connaissance est possible si la descente se poursuit malgré l'apparition des premiers signes.</p> <p>quelques exemples de troubles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• euphorie</li> <li>• sensation de déséquilibre</li> <li>• accentuation du dialogue intérieur</li> <li>• diminution de l'attention</li> <li>• diminution de la mémoire</li> <li>• diminution de la coordination</li> <li>• troubles de la vision</li> <li>• perte de conscience</li> <li>• etc.</li> </ul>
<b><u>Prévention</u></b>	<p>Il n'y a pas de prévention à proprement parler, sauf à connaître ses limites, à y être attentif</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dès qu'on ressent les 1ers signes, prévenir le moniteur</li> <li>• Il faut plonger en bonne condition physique et psychique</li> <li>• S'entraîner de manière régulière à la profondeur</li> <li>• Ne pas descendre profond si vous n'avez pas plongé depuis longtemps</li> <li>• Descendre à vitesse régulière et éviter de se redresser rapidement</li> </ul>
<b><u>Facteurs favorisants</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profondeur importante (au-delà de 40 mètres)</li> <li>• L'angoisse</li> <li>• La fatigue</li> <li>• Le manque d'entraînement</li> <li>• Une descente rapide</li> <li>• Un effort excessif</li> <li>• Le froid et l'essoufflement</li> <li>• L'obscurité, la visibilité réduite</li> <li>• Prise de médicaments avant la plongée</li> </ul>
<b><u>Traitement</u></b>	Il suffit de remonter de quelques mètres pour que tout rentre dans l'ordre. Cependant, il est conseillé soit d'interrompre au plus tôt la plongée si la perturbation était importante (incapacité à se gérer seul par exemple), soit de continuer la plongée mais beaucoup moins profond afin d'éviter de devoir faire des paliers par exemple.

## Les risques de narcose



## 5.4 Accidents dus au froid

<p><b><u>Causes</u></b></p>	<p>La température des parties profondes (ou température centrale) de l'organisme doit rester constante sous peine d'entraîner de graves perturbations des fonctions biologiques de l'organisme. Les limites de variations de la température centrale sont étroites (4° C).</p> <p>Cette température centrale résulte de l'équilibre entre la quantité de chaleur produite et reçue par l'organisme et la quantité perdue. La température rectale en est un reflet, sa valeur normale se situe aux alentours de 37° C.</p> <p>Il n'existe pas d'eau de mer à plus de 33° C, le risque de refroidissement est donc toujours présent en plongée.</p>
<p><b><u>Conséquences</u></b></p>	<p>Elles peuvent aller de la simple gêne à l'accident grave</p>
<p><b><u>Symptômes</u></b></p>	<p><b>Hypothermie légère :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chair de poule</li> <li>- crampes,</li> <li>- frissons, diminution de l'habileté motrice</li> <li>- diminution de l'efficacité intellectuelle</li> </ul> <p>Ces signes doivent alerter</p> <p><b>Hypothermie grave :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- engourdissement avec diminution progressive du frisson, puis rigidité intense</li> <li>- altération de la conscience puis perte de connaissance</li> <li>- arythmie cardiaque</li> <li>- arrêt ventilatoire.</li> <li>- décès</li> </ul>
<p><b><u>Prévention</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porter une <b>combinaison adaptée</b> (chaussons et cagoule)</li> <li>• Ne pas rester trop longtemps dans l'eau</li> <li>• Alimentation tenant compte de l'exposition au froid</li> <li>• Se méfier de la fatigue.</li> </ul>
<p><b><u>Traitement</u></b></p>	<p><u>Dans l'eau :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- remonter et sortir</li> </ul> <p><u>A l'arrivée en surface :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- retirer la combinaison, aux ciseaux si nécessaire (sur un bateau non abrité, la laisser et recouvrir la victime d'un coupe-vent ou couverture)</li> <li>- sécher et réchauffer à l'aide de couvertures, progressivement, sans friction</li> <li>- boissons chaudes et sucrées (non alcoolisées), voire alimentation sucrée</li> </ul>

## 5.5 Noyade

<p><b><u>Causes</u></b></p>	<p>La noyade est un arrêt respiratoire avec inondation des voies aériennes. Les différences entre noyade en eau de mer et noyade en eau douce ne nous concernent pas ; les symptômes sont identiques, la conduite à tenir aussi.</p> <p><u>La noyade primaire</u> : c'est l'inhalation d'eau qui entraîne l'asphyxie. La noyade primaire est le plus souvent causée par la fatigue, le froid, la panique (essoufflement), et aussi une narcose, en plongée.</p> <p><u>La noyade secondaire</u> : survient après une syncope ou une perte de connaissance. Elle est due à la reprise inspiratoire qui entraîne l'inhalation d'eau. La noyade secondaire peut être due à un très grand nombre de causes, nous énumérerons les plus fréquentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- choc thermo-différentiel (mieux connu sous le nom d'hydrocution)</li> <li>- choc allergique</li> <li>- syncope post traumatique</li> <li>- syncope réflexe (irruption d'eau sur les muqueuses respiratoires, .)</li> <li>- syncope en apnée.</li> </ul>																				
<p><b><u>Conséquences</u></b></p>	<p>Elles dépendent de la quantité d'eau inhalée ; mais aussi de la quantité d'eau ingérée, qui entraîne un état de réplétion gastrique (remplissage de l'estomac) plus ou moins important, et dont le danger est d'occasionner des régurgitations et une diarrhée avec par suite une déshydratation dangereuse.</p>																				
<p><b><u>Symptômes / Traitement</u></b></p>	<p>On distingue quatre stades en fonction de la quantité d'eau inhalée :</p> <table border="1" data-bbox="486 1003 1388 1619"> <thead> <tr> <th>STADE</th> <th>NOM</th> <th>SYMPTOMES</th> <th>TRAITEMENT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td><b>AQUASTRESS</b></td> <td>Froid, épuisement, angoisse. Circulation, ventilation et conscience sont normales.</td> <td>Rassurer, réchauffer. Bilan complet. Envoyer à un médecin.</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td><b>PETIT HYPOXIQUE</b></td> <td>Symptômes identiques avec en plus : encombrement trachéo-bronchique modéré entraînant toux et respiration rapide et superficielle.</td> <td>Réchauffer, rassurer. Oxygène. Envoyer à l'hôpital.</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td><b>GRAND HYPOXIQUE</b></td> <td>Somnolence ou coma peu profond avec agitation, respiration rapide et superficielle, encombrement plus important, cyanose des lèvres et des extrémités, tachycardie, oedème pulmonaire de survenue rapide. Réplétion gastrique.</td> <td>Réanimation.</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td><b>ANOXIQUE</b></td> <td>Coma profond. Arrêt respiratoire ou gasps. État de choc voire arrêt cardiaque avec état de mort apparente. La réplétion gastrique est maximum.</td> <td>Réanimation.</td> </tr> </tbody> </table>	STADE	NOM	SYMPTOMES	TRAITEMENT	I	<b>AQUASTRESS</b>	Froid, épuisement, angoisse. Circulation, ventilation et conscience sont normales.	Rassurer, réchauffer. Bilan complet. Envoyer à un médecin.	II	<b>PETIT HYPOXIQUE</b>	Symptômes identiques avec en plus : encombrement trachéo-bronchique modéré entraînant toux et respiration rapide et superficielle.	Réchauffer, rassurer. Oxygène. Envoyer à l'hôpital.	III	<b>GRAND HYPOXIQUE</b>	Somnolence ou coma peu profond avec agitation, respiration rapide et superficielle, encombrement plus important, cyanose des lèvres et des extrémités, tachycardie, oedème pulmonaire de survenue rapide. Réplétion gastrique.	Réanimation.	IV	<b>ANOXIQUE</b>	Coma profond. Arrêt respiratoire ou gasps. État de choc voire arrêt cardiaque avec état de mort apparente. La réplétion gastrique est maximum.	Réanimation.
STADE	NOM	SYMPTOMES	TRAITEMENT																		
I	<b>AQUASTRESS</b>	Froid, épuisement, angoisse. Circulation, ventilation et conscience sont normales.	Rassurer, réchauffer. Bilan complet. Envoyer à un médecin.																		
II	<b>PETIT HYPOXIQUE</b>	Symptômes identiques avec en plus : encombrement trachéo-bronchique modéré entraînant toux et respiration rapide et superficielle.	Réchauffer, rassurer. Oxygène. Envoyer à l'hôpital.																		
III	<b>GRAND HYPOXIQUE</b>	Somnolence ou coma peu profond avec agitation, respiration rapide et superficielle, encombrement plus important, cyanose des lèvres et des extrémités, tachycardie, oedème pulmonaire de survenue rapide. Réplétion gastrique.	Réanimation.																		
IV	<b>ANOXIQUE</b>	Coma profond. Arrêt respiratoire ou gasps. État de choc voire arrêt cardiaque avec état de mort apparente. La réplétion gastrique est maximum.	Réanimation.																		
<p><b><u>Prévention</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respecter les règles de sécurité</li> <li>• Savoir correctement nager</li> <li>• Ne plonger qu'en bonne forme physique</li> <li>• Entreprendre un entraînement progressif</li> <li>• Ne jamais plonger sans emporter son tuba</li> <li>• Éviter de laisser le bateau sur le lieu de plongée sans surveillance</li> <li>• Ne jamais essayer de sortir de l'eau dans un endroit battu par les vagues. Nager vers un endroit plus calme est moins risqué.</li> <li>• Prévenir un essoufflement (autant que possible)</li> <li>• Se méfier de l'apparition d'une narcose</li> </ul>																				

## 6) Tables de plongée à l'air

### 6.1 Présentation des Tables : comment les lire

La table de plongée indique, en fonction de la profondeur atteinte et du temps passé sous l'eau, la durée et la profondeur des paliers à effectuer.

#### Rappelons que :

- la **profondeur** d'une plongée est la profondeur maximale atteinte au cours de la plongée
- la **durée** d'une plongée se compte en minutes entières (toute fraction de minute commencée est considérée comme une minute entière écoulée) depuis l'instant où le plongeur quitte la surface en direction du fond jusqu'à l'instant où il quitte le fond pour remonter vers la surface
  - la vitesse de remontée doit être de 15 à 17 m/mn.
  - la remontée entre chaque palier doit durer trente seconde

#### PRÉSENTATION DE LA TABLE

Profondeur	Durée	Profondeurs Paliers					DTR	GPS
		15 m	12 m	9 m	6 m	3 m		
32 mètres	5 mn						3 mn	B
	10 mn						3 mn	D
	15 mn					1 mn	4 mn	E
	20 mn					3 mn	6 mn	G
	25 mn					6 mn	9 mn	H
	30 mn					14 mn	17 mn	I
	35 mn					22 mn	25 mn	K
	40 mn				1 mn	29 mn	33 mn	K
	45 mn				4 mn	34 mn	41 mn	L
	50 mn				7 mn	39 mn	49 mn	M
	55 mn				11 mn	43 mn	57 mn	N
	60 mn				15 mn	46 mn	64 mn	N
	1 h 05				19 mn	48 mn	70 mn	O
	1 h 10				23 mn	50 mn	76 mn	O

La **première** colonne présente la profondeur maximale atteinte. Elle se lit en mètres.

La **deuxième colonne** présente des durées, exprimées en minutes, parfois en heures.

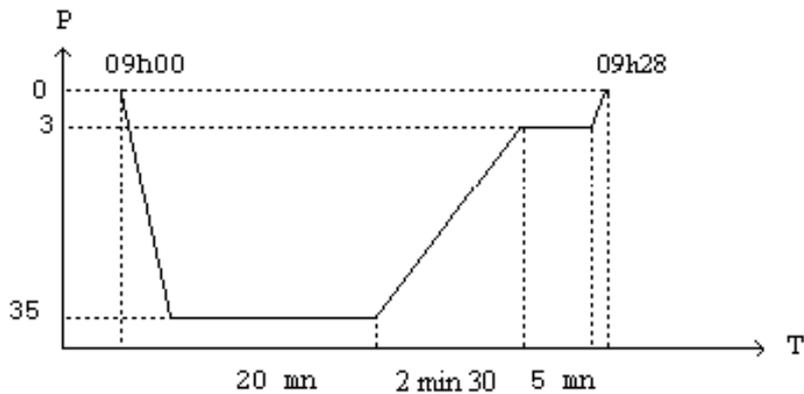
Les **colonnes suivantes** indiquent la durée en minutes des paliers à effectuer à diverses profondeurs, colonnes de 15, 12, 9, 6 et 3 mètres.

La **colonne suivante** indique les durées totales de remontée, arrondies à la minute entière. Il s'agit de la durée des paliers additionnée de la durée de la remontée.

Dans les problèmes on indiquera toujours la durée de la remontée donnée par les tables, qui se lit pour une profondeur donnée, sur les lignes des plongées sans palier, dans la colonne DTR, **durée totale de la remontée**, (on ne la calcule pas) ou dans le tableau donnant la durée de remontée pour différentes profondeurs.

La **dernière colonne** donne le groupe de plongée successive, caractérisé par une lettre, auquel appartient la plongée effectuée et qui permet de calculer les plongées successives (plongées qui ont lieu dans la même journée).

## EXEMPLE



Heure d'immersion (HI) = 09 h 00  
Durée de la plongée (D) = 20 mn  
Profondeur de la plongée (P) = 35 mètres

On lira dans les tables:

Palier de **5 mn** à **3 m**

**Durée de la remontée = 8 mn**

**L'heure de Sortie (H.S.)** se calcule alors facilement : 09h 28

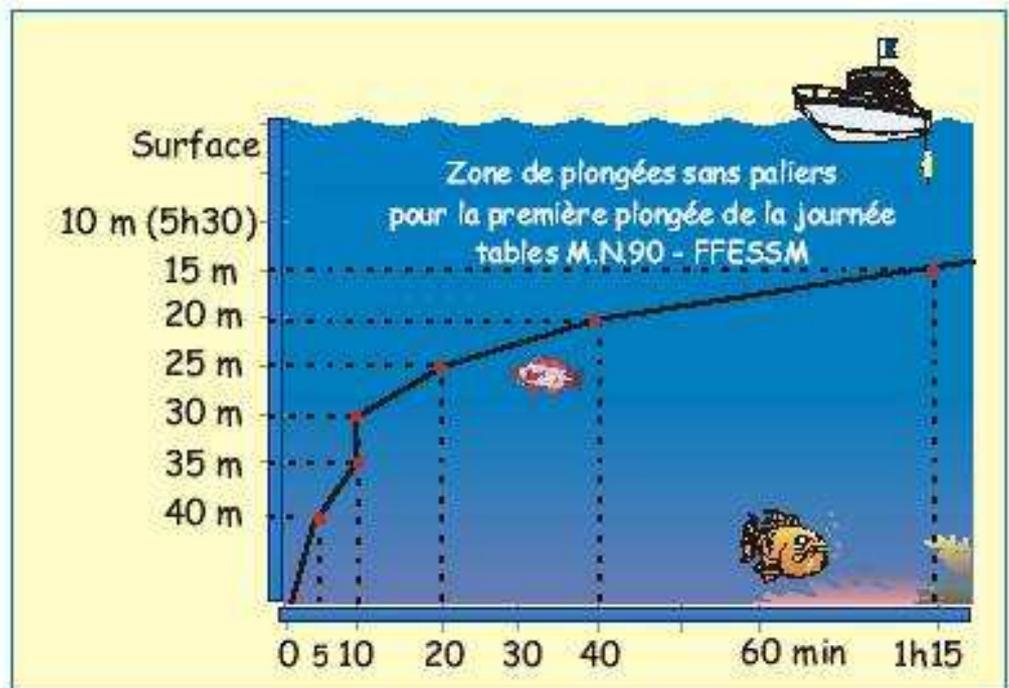
Le **groupe de plongée** lu est : **H**

## 6.2 Plongée sans palier – la courbe de sécurité



## Plongées sans palier

courbe de sécurité



### 6.3 Plongée simple

On parle de plongée simple si l'écart de temps entre 2 plongées est supérieur à 12h00.

On fera une lecture simple de la table qui indique, en fonction de la profondeur atteinte et du temps passé sous l'eau, la durée et la profondeur des paliers à effectuer.

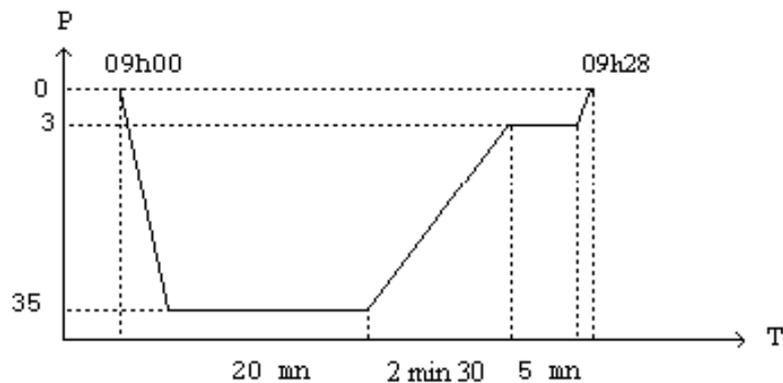
#### EXEMPLE

Heure d'immersion (HI) = 09 h 00

Durée de la plongée (D) = 20 mn

Profondeur de la plongée (P) = 35 mètres

On lira dans les tables:



Palier de 5 mn à 3 m

Durée de la remontée = 8 mn

L'heure de Sortie (H.S.) se calcule alors facilement : 09h 28

Le groupe de plongée lu est : H

#### CAS PARTICULIERS

##### 1. La profondeur atteinte n'est pas dans les tables :

Il faut prendre la profondeur immédiatement supérieure que l'on trouve dans la table.

##### Exemple:

P = 37 m, D = 25 min.

Prendre 38 m comme profondeur atteinte

##### Lire dans les tables :

Paliers de 1 mn à 6 m et de 16 mn à 3 m

Durée de la remontée = 21 min.

Groupe de plongée : J

L'HS est fonction de l'HI,

si HI = 09h00, alors HS = 09h46

##### 2. La Durée de la plongée n'est pas dans les tables :

Il faut prendre la durée immédiatement supérieure indiquée dans les tables.

##### Exemple:

P = 37 m : il faudra lire 38 m dans les tables comme nous venons de le voir

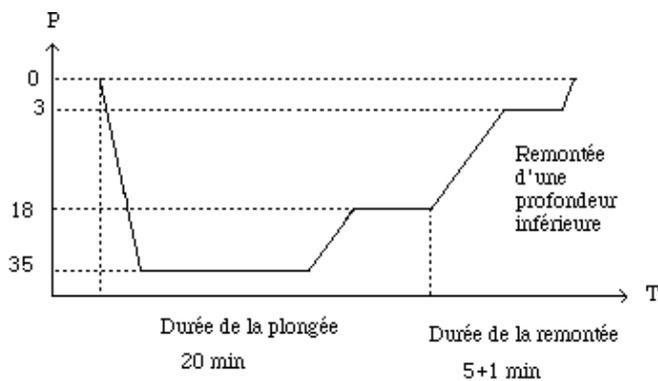
D = 32 min, il faudra lire 35 min dans la table.

Et nous aurons à effectuer :  
 Un palier de 5 mn à 6 m et un palier de 33 min à 3 m  
 La durée de la remontée = 42 min.  
 Groupe de plongée L  
 Si HI = 09h00, alors HS = 10h14

### 3. La remontée s'effectue depuis une profondeur différente de la profondeur maximale atteinte :

La profondeur d'une plongée dans les tables est la profondeur maximale atteinte au cours de la plongée, le problème ne peut donc se poser que si l'on remonte d'une profondeur inférieure à la profondeur maximale de la plongée.

On lira dans ce cas les paliers pour la profondeur maximale atteinte, mais **la durée de la remontée** sur la ligne de la profondeur depuis laquelle on remonte.



Dans cet exemple, la profondeur de la plongée est 35 mètres. La remontée s'effectue à partir de la profondeur 18 mètres. La durée de la remontée sera donc : durée des paliers pour une plongée de 20 min à 35 mètres (5 min à 3 mètres) + durée de la remontée (lue à la profondeur de 18 mètres) 2 min, soit une durée totale de remontée de 7 mn.

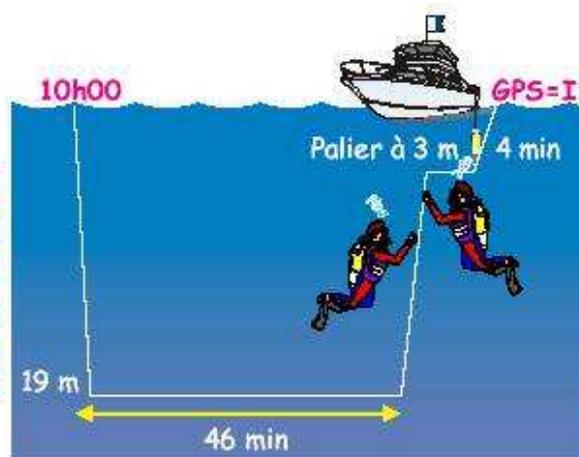


Prof	Durée	3m	DTR	GPS
20 m	35 min		2	G
	40 min		2	H
	45 min	1	3	I
	50 min	4	6	I
	55 min	9	11	J
	60 min	13	15	K
	1h05	16	18	K
	1h10	20	22	L



### Plongée simple (ou unitaire)

Tables FFESSM - Mn90



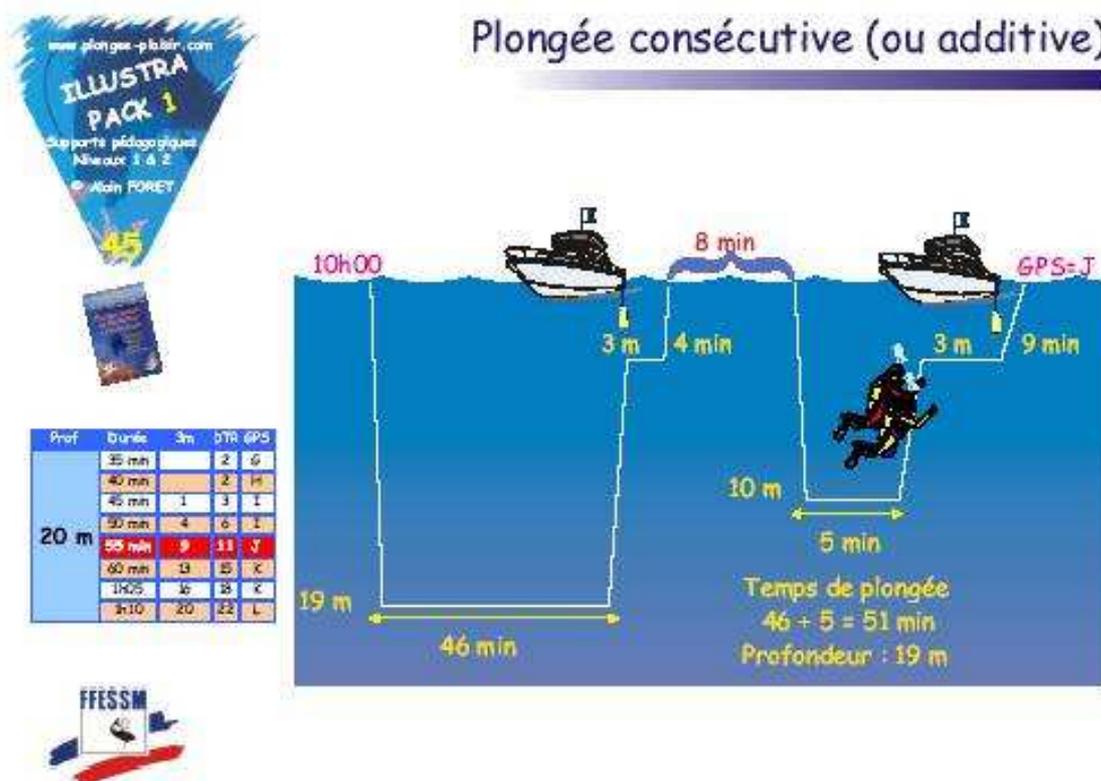
## 6.4 Plongées consécutives

On appelle plongées consécutives 2 plongées dont l'intervalle de temps les séparant est inférieur à 15 minutes.

Lors de la 1<sup>ère</sup> plongée, le plongeur va utiliser ses tables dans le cas d'une plongée simple.

Par contre, pour calculer ses paliers lors de la 2<sup>ème</sup> plongée, il va prendre comme profondeur maxi la plus grande profondeur atteinte au cours des 2 plongées et comme temps de plongée la somme des temps des 2 plongées.

**Attention** : la durée de remontée de la première plongée ne compte pas dans la durée de la première plongée.



## 6.5 Plongées successives

On appelle plongées successives 2 plongées qui sont séparées par un intervalle de temps passé en surface supérieur ou égal à 15 minutes et inférieur ou égal à 12h.

Lorsqu'on sort de l'eau, même si on a respecté scrupuleusement les consignes de sécurité (vitesse de remontée + paliers), nous n'avons pas éliminé tout l'azote dissous dans notre corps.

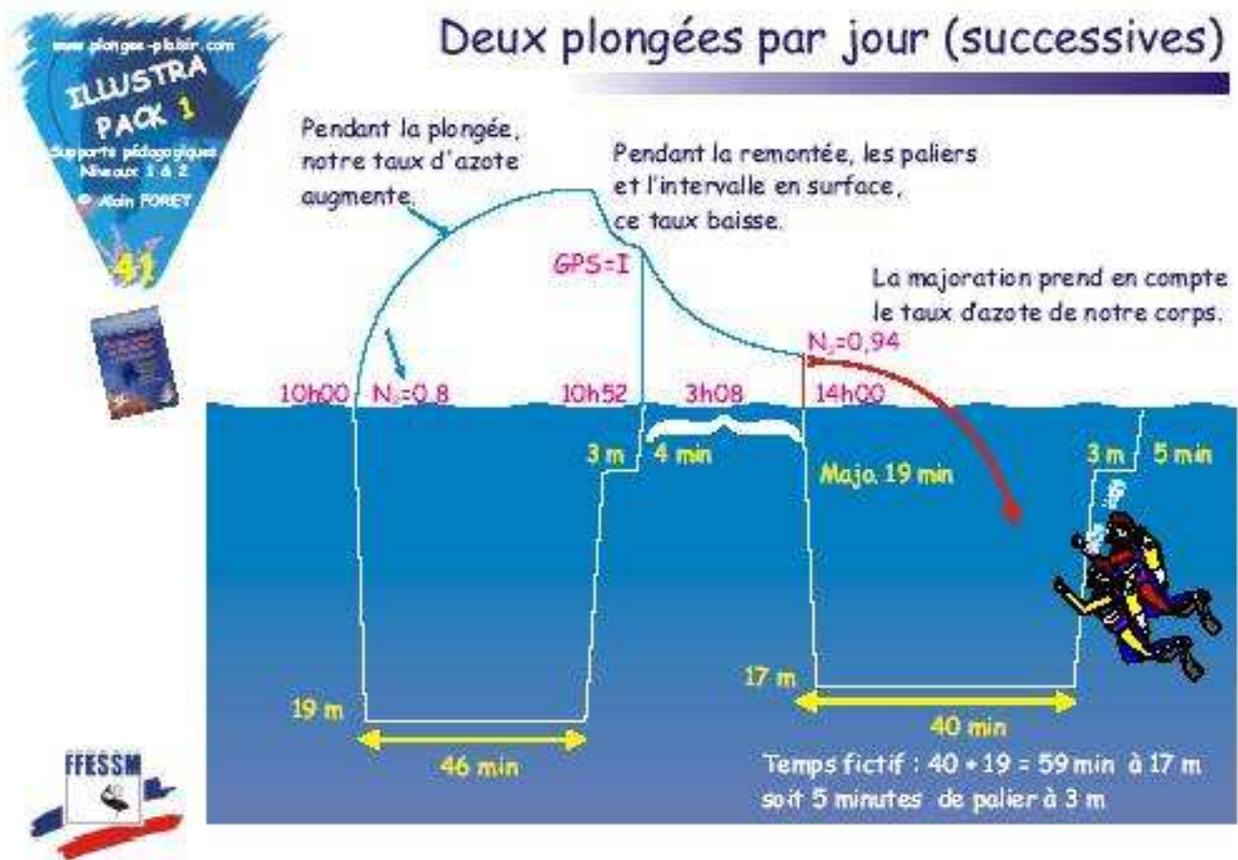
Il faut 12h pour revenir à un taux d'azote « normal » (voir figure suivante).

Donc si on plonge avant ces 12h, il faut prendre en compte dans le calcul de nos paliers la quantité d'azote que nous avons encore en nous.

C'est pour cela que l'on va appliquer une **majoration** en fonction de cette quantité d'azote.

- 1) On doit connaître l'heure de remontée et la valeur GPS de la 1<sup>ère</sup> plongée.
- 2) On calcule l'intervalle entre les 2 plongées pour connaître l'azote résiduel qu'il reste dans nos tissus. Cet N<sub>2</sub> va venir s'ajouter à celui dissous lors de la 2<sup>ème</sup> plongée.

3) Si cet intervalle est compris entre 15 min. et 12h, on se trouve dans le cas de plongées successives :



### **Étape 1 : Détermination de l'indice d'azote (N2) résiduel**

On cherche dans le tableau « Détermination de l'azote résiduel », la valeur correspondant à l'intersection du GPS, consciencieusement noté à la sortie de la première plongée, et de notre intervalle de surface.

Si on ne trouve pas l'intervalle exact dans la table, on prend **l'intervalle immédiatement plus court** pour maximiser l'indice d'azote.

### **Étape 2 : Détermination de la majoration**

On cherche dans le tableau « Détermination de la majoration », la valeur correspondant à l'intersection de l'azote résiduel et de la profondeur de la 2<sup>ème</sup> plongée.

Si la valeur exacte d'azote n'est pas dans la table, on prend **la valeur immédiatement supérieure**.

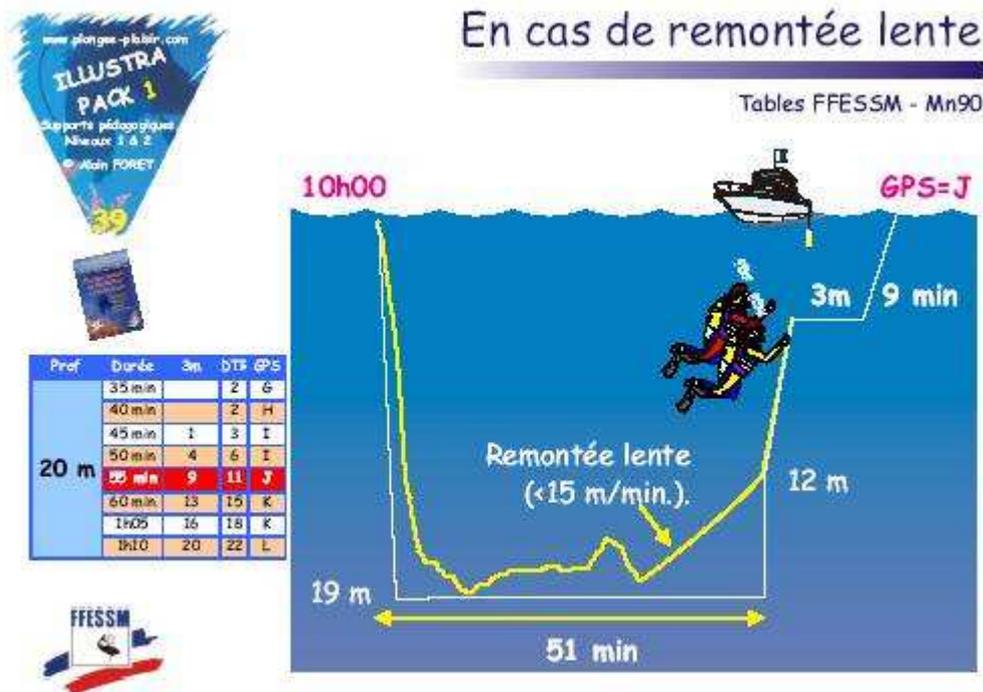
Si la profondeur exacte n'est pas dans la table, on prend **la profondeur immédiatement supérieure**.

### **Étape 3 : Calcul des paliers**

On ajoute la majoration calculée à la durée de la 2<sup>ème</sup> plongée et on calcule ses paliers comme si c'était une plongée simple.

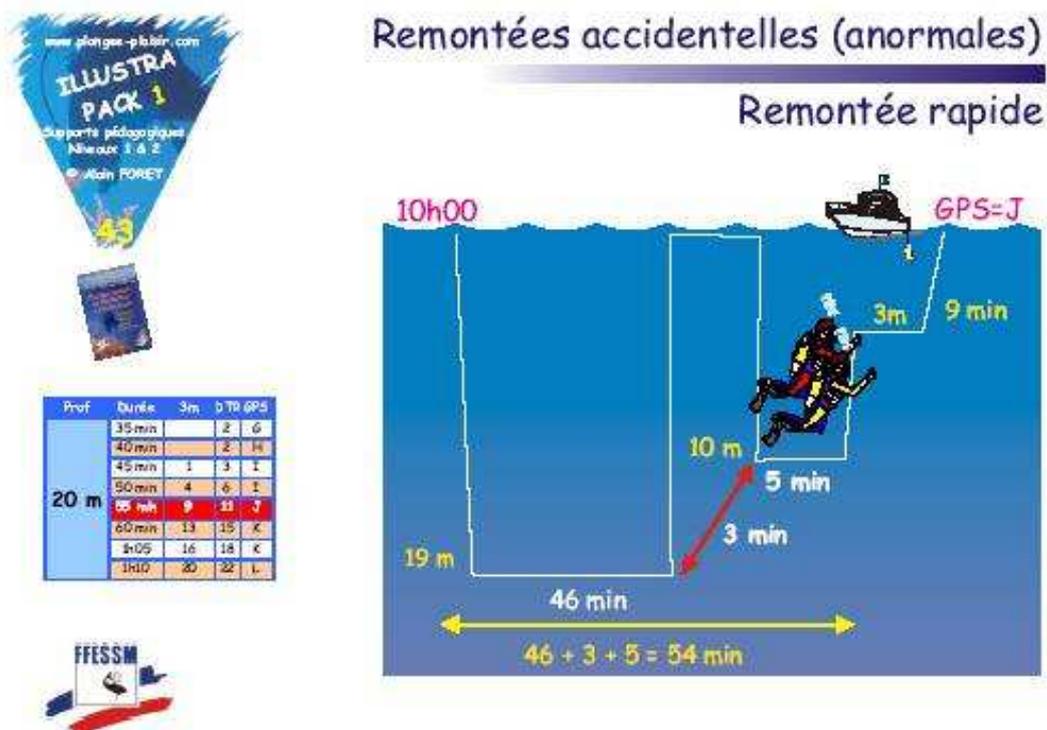
## 6.6 Remontée trop lente (< 15 m/min)

Le plongeur doit considérer que le temps de sa remontée lente est inclus dans la durée de plongée :



## 6.7 Remontée trop rapide (> 15 m/min)

Le plongeur doit redescendre à mi-profondeur, y rester 5 minutes et recalculer les paliers en prenant comme durée de plongée le temps effectif + les 3 minutes surface + les 5 minutes de palier additionnel et faire ses paliers en conséquence.



## 6.8 Cas d'un palier interrompu

Le plongeur doit redescendre à la profondeur du palier interrompu et recommencer sa procédure de palier au début du palier interrompu :

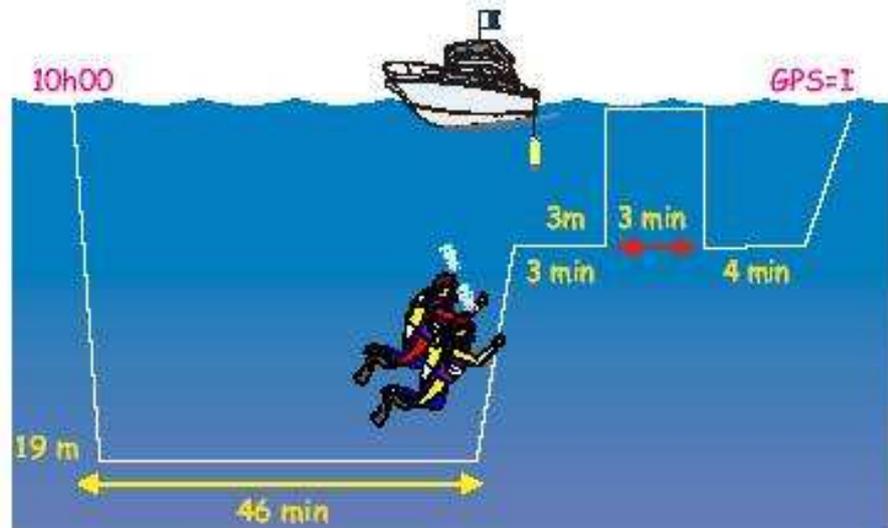


Prof	Durée	3m	DTR	GPS
20 m	35 min		2	6
	40 min		2	14
	45 min	1	3	1
	50 min	4	6	2
	55 min	9	11	3
	60 min	13	15	4
	1h05	16	18	4
	1h10	20	22	4



## Remontées accidentelles (anormales)

### Mauvaise exécution des paliers



## 7) Matériel

### 7.1 Ordinateur

Les « ordinateurs de plongée » apportent aux plongeurs une aide précieuse. Ils permettent de gérer la décompression, parfois l'autonomie en air, d'enregistrer les paramètres des plongées.

L'ordinateur a été créé pour une utilisation en plongée loisir, pour simplifier la vie du plongeur, afin qu'il planifie au mieux sa plongée et pour augmenter son autonomie en prenant en compte une désaturation partielle provoquée par une baisse de pression lors d'une exploration à moindre profondeur.

Mais ils ne permettent pas de faire n'importe quoi, sous peine d'aboutir à des accidents de décompression par ignorance de leurs limites et de leur mode d'utilisation.

### HISTORIQUE

Sont apparus tout d'abord des profondimètres électroniques ou « Timer » remplaçant les profondimètres mécaniques, qui permettaient de calculer la profondeur et la durée avec une grande précision. L'usage de la table restait une nécessité. Puis ont été mis au point des générations successives d'ordinateurs reposant sur des « Tables » intégrées dans le calculateur et permettant, en fonction des paramètres « Pression » et « Temps » de recalculer régulièrement les paramètres de décompression.

Depuis, sont apparus des ordinateurs avec capteur haute pression fixé sur le premier étage, permettant d'indiquer en fonction de la profondeur et de la décompression, l'autonomie en air. Les générations suivantes d'ordinateurs sont dites multigaz : ils permettent de gérer la plongée en fonction du gaz respiré (air, nitrox en faisant varier le pourcentage d'oxygène, trimix...). Certains permettent de gérer le changement de gaz au cours de la plongée, ce qui permet notamment de gérer ses paliers avec un mélange contenant plus d'oxygène que le mélange de la plongée elle-même.

### PARTICULARITÉS DES CALCULS DE L'ORDINATEUR

Les tables traditionnelles utilisent la profondeur maximale atteinte et la durée totale, depuis le canard jusqu'au début de la remontée.

L'ordinateur utilise la pression recalculée régulièrement pour intégrer l'état de saturation du plongeur. Pour cela, l'ordinateur divise le temps de plongée en durées très courtes (quelques secondes maximum : les tranches élémentaires) et calcule pour chacune de ces durées l'état de saturation de l'organisme.

En additionnant les résultats, l'ordinateur de plongée permet de calculer la saturation totale de l'organisme.

De cet état de saturation calculé, l'ordinateur de plongée calcule la Pression absolue minimum à ne pas franchir, sous peine d'accident. L'ordinateur de plongée calcule ensuite, en fonction de la pression atmosphérique, la profondeur à ne pas dépasser lors de la remontée.

L'ordinateur calcule donc une décompression spécifique pour chaque plongée, mais le résultat reste strictement mathématique.

## DURÉE DE LA PLONGÉE :

Avec les tables, la durée d'une plongée est le temps compris entre l'immersion et le moment où l'on décide de remonter.

L'ordinateur de plongée repère automatiquement le passage à certaines profondeurs (variables d'un appareil à un autre et comprises entre 0,5 et 2 mètres). A la descente, on appelle cette profondeur-seuil : le **seuil d'immersion**. A la remontée, on appelle cette autre profondeur-seuil, le **seuil d'émersion**.

La durée de la plongée est le temps qui sépare le franchissement de ces deux profondeurs.

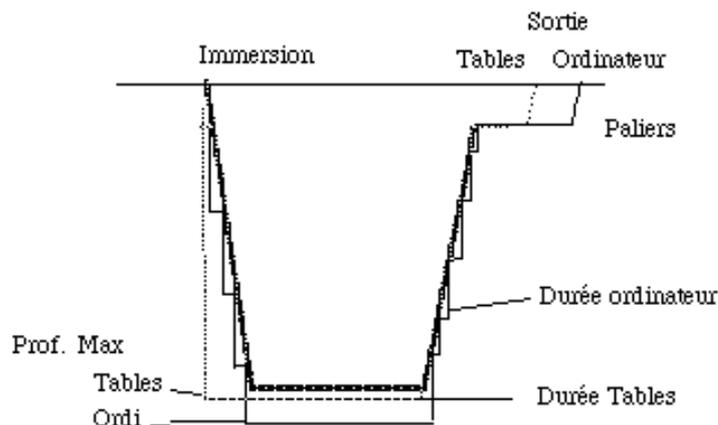
## DURÉE DES PALIERS

Les ordinateurs prennent une marge de sécurité, ils estiment la profondeur de plongée supérieure à la profondeur réelle.

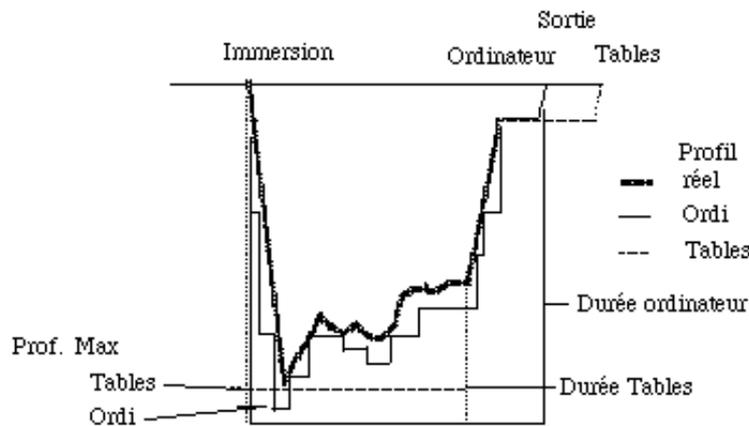
Ainsi, suivant le profil de la plongée, l'ordinateur peut imposer plus ou moins de paliers que les tables. Il faut comparer des tables et des ordinateurs basés sur le même type de calcul.

De plus, l'ordinateur prend en compte la façon dont s'effectue le palier. Plus on s'écarte de la profondeur optimale, plus il rallonge la durée des paliers. En général, cela ne se traduit pas par l'affichage de minutes supplémentaires de palier mais par un affichage plus long des paliers.

Par exemple, s'il reste au plongeur 5 minutes de palier à 3 mètres, et que par défaut de stabilisation, le plongeur remonte à 2,80 m durant quelques secondes, alors, l'ordinateur retardera l'affichage des « 4 » minutes de palier restantes ! Des mesures effectuées avec un chronomètre montrent qu'une « minute » de palier ordinateur peut ainsi durer jusqu'à 1 mn 20 s !



**En plongée carrée, l'ordinateur est plus sécuritaire**



**En plongée à profil variable, l'ordinateur pénalise moins**

### **Avantages des ordinateurs de plongée par rapport aux tables :**

Pour des durées de décompression équivalentes, les durées d'immersion autorisées sont généralement plus importantes.

- Absence de calcul à faire pour les successives
- Utilisation plus facile, et donc limitation du risque d'erreurs
- Contrôle rigoureux de la vitesse de remontée (avec pénalisation automatique de la durée des paliers en cas de vitesse inappropriée)
- Profondeur de décompression moins critique qu'avec les tables
- Présence d'alarmes acoustique
- Mesures de temps et de profondeurs très précises
- Mise en mémoire du profil des plongées précédentes

### **Inconvénients :**

- Non prise en compte de certains profils de plongée à risques (remontées rapides, fréquentes ou avec des intervalles courts comme remontée de l'ancre par exemple)
- Pas de procédure de secours en cas d'erreur, ils se mettent en mode erreur (plus aucune information n'est affichée !)
- Risque de diminution de la cohésion de la palanquée
- Les utilisateurs non avertis ont une confiance aveugle en ces appareils, c'est souvent l'exploitation exagérée de leurs avantages théoriques qui conduit à des accidents.
- Les ordinateurs de plongée, pas plus que les tables, ne tiennent compte de l'état de fatigue du plongeur, ni des données physiologiques pouvant exposer à un risque d'accident de décompression plus grand (âge, antécédents d'ADD, sensibilité individuelle ...).

### **CONSIGNES D'UTILISATION :**

- Ne pas utiliser ces appareils dans certaines circonstances : exercices, entraînements, plongées extrêmes (souterraines, eau froide, efforts, travail important)
- Ne pas emprunter, louer ou changer d'ordinateur de plongée, tant que l'effet des plongées précédentes n'est pas devenu négligeable (cela peut demander plus de 24 heures).
- Conserver l'appareil près de soi, pour qu'il prenne en compte les variations de pression auxquelles est soumis le plongeur (avion...)

- Conserver le même système de décompression ou le même appareil au cours de plongées successives. La deuxième plongée de la journée doit être faite à une profondeur moindre que la première.
- Avoir toujours sur soi des tables de plongée immergeables et une montre (double sécurité)
- Pour les plongeurs vieillissants (à partir de 40 ans) ou pour des plongées « limites » (fatigue, cumul de plongées profondes...), faire un palier supplémentaire de sécurité à 3 mètres.
- Si la plongée du matin a été profonde ou fatigante, ne pas hésiter à durcir le réglage de l'ordinateur pour celle de l'après-midi si la conception de l'ordinateur le permet.
- Ne pas changer de piles entre 2 plongées successives ou consécutives (risque d'effacement des données)
- En prévision d'une panne, ne pas oublier de planifier une décompression comme si elle devait être faite avec une table, pour ne pas se retrouver en panne d'air.
- Les plongeurs autonomes doivent se plier aux paramètres de plongée du plongeur le plus exposé (celui qui a plongé le plus profond le matin, par exemple). C'est lui qui imposera sa décompression aux autres.
- Surveiller sa consommation d'air (de trop nombreux accidents ont eu lieu chez des plongeurs qui ont négligé cette précaution, se laissant surprendre par une augmentation de plus en plus rapide des temps de palier au fond).

## ENTRETIEN

- Après une plongée, l'ordinateur doit être rincé à l'eau douce, séché et rangé au sec (proscrire les rinçages au jet et les séchages à l'air comprimé).
- Ne pas nettoyer les contacts avec un abrasif en cas de dépôt salin.
- Éviter les chocs et les écarts de température trop importants.
- Ne pas tester un ordinateur en caisson sec.

## CONSEILS D'ACHAT

En 2009, les ordinateurs se partagent entre ceux qui permettent de gérer un seul gaz durant la plongée et ceux qui permettent de changer de gaz durant la plongée. Les premiers s'adressent au plongeur à l'air ou au plongeur nitrox. Certains ne gèrent que la plongée à l'air mais la plupart permettent de régler le pourcentage d'oxygène du mélange (nitrox). La deuxième catégorie d'ordinateurs s'adresse aux plongeurs « nitrox confirmé » ou trimix.

Prendre en compte pour un achat :

- la lisibilité de l'écran (gros caractères, accessibilité directe ou nécessité de manipuler des boutons en plongée...)
- la possibilité de changer soi-même la pile
- les dernières générations utilisent des modes de calcul plus sévères pour la décompression, mais aussi plus rassurants.

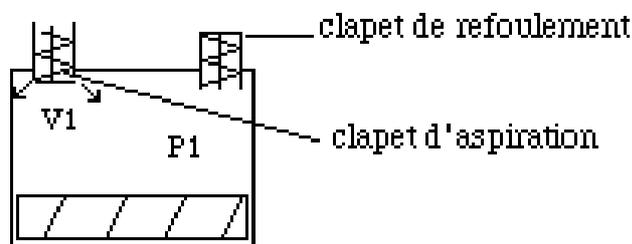
Il n'entre pas dans nos intentions de conseiller une marque plutôt qu'une autre. Par contre, n'hésitez pas à demander des conseils personnels aux moniteurs ou aux plongeurs expérimentés. Cela vous permettra d'éviter les appareils connus comme étant inadaptes et d'éviter ainsi quelques « Occases » un peu trop intéressantes ...

## 7.2 Compresseur

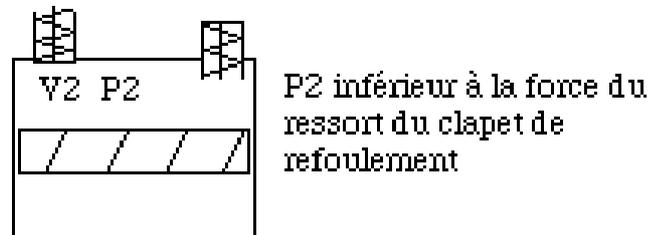
Le rôle du compresseur est d'aspirer de l'air à la pression atmosphérique pour le restituer dans les bouteilles de plongée à la pression de 200 b à 230 b habituellement.

### Principe :

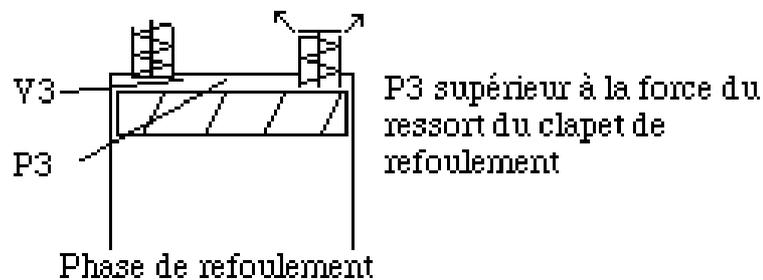
il résulte de la loi de Mariotte



Phase d'aspiration



Phase de compression



Phase de refoulement

Sous l'action du piston, le volume  $V_1$  diminue pour devenir  $V_2$ , puis  $V_3$  et la pression varie de manière inversement proportionnelle.

Ainsi, dans un compresseur, en plusieurs phases l'air est comprimé jusqu'à la pression d'utilisation. Il est aspiré dans un premier cylindre où il est comprimé une première fois, puis il est refoulé dans un cylindre suivant où il est recomprimé.

### Quelques précautions sont indispensables lors de l'emploi d'un compresseur :

- changer ou nettoyer les filtres
- utiliser des huiles spéciales pour compresseurs
- lors de l'utilisation, contrôler :
  - avant la mise en route : le niveau d'huile, le système de refroidissement, la prise d'air, l'alimentation
  - pendant le gonflage : la montée de la pression, l'échauffement des bouteilles.

## 7.3 Bouteille /Bloc

Il contient le mélange gazeux respiré. Il peut être en acier ou en aluminium.

Il se présente en mono-ou bi-cylindres.

### **Les modèles les plus courants sont:**

des mono de 10 l, 12 l et 15 l

### La bouteille est frappée d'inscriptions :

- Nom du constructeur
- Lieu, année, N° de fabrication
- Volume intérieur (c'est la capacité de la bouteille)
- Pression d'épreuve en bars
- Date de la dernière épreuve et poinçon du service des mines
- Désignation du gaz contenu
- Pression de service (à 15°C)
- Poids à vide (en Kg).

### Des précautions sont indispensables lors de l'utilisation :

- Éviter les chocs, les grandes différences de température
- Ne pas transporter les bouteilles sous pression
- Requalifier tous les 2 ans ou tous les 5 ans si elles sont contrôlées par un TIV (Technicien en Inspection Visuelle) tous les ans
- Ne pas les ouvrir en grand à l'air
- Ne pas les laisser ouvertes dans l'eau
- Purger la robinetterie avant de gonfler les blocs
- Entretenir la peinture.

## 7.4 Détendeur

Le but du détendeur est de fournir l'air sous haute pression contenu dans la bouteille au plongeur, à la demande et à la pression ambiante (variable selon la profondeur).



Les détendeurs sont dits à 2 étages, car ils détendent l'air de la haute pression à la pression ambiante en deux étapes.

Chaque détendeur possède ses spécificités techniques, mais ils possèdent tous le même mode de fonctionnement.

### Le détendeur est composé de 3 parties :

- Une partie fixée sur la robinetterie de la bouteille : **c'est le 1<sup>er</sup> étage**. Il permet de détendre l'air contenu dans la bouteille (HP) jusqu'à une pression de 8 à 10 bars supérieure à la pression ambiante (celle que subit le plongeur). C'est la moyenne pression (MP) (ou pression intermédiaire - PI).
- Un **flexible souple** de faible section qui relie le 1<sup>er</sup> étage au 2<sup>ème</sup> étage.
- Une partie fixée à un embout buccal (**2<sup>ème</sup> étage**) qui transforme la moyenne pression en pression ambiante (PA). Elle comporte aussi des « moustaches » par lesquelles s'évacue l'air expiré et d'un bouton poussoir de mise en débit continu.

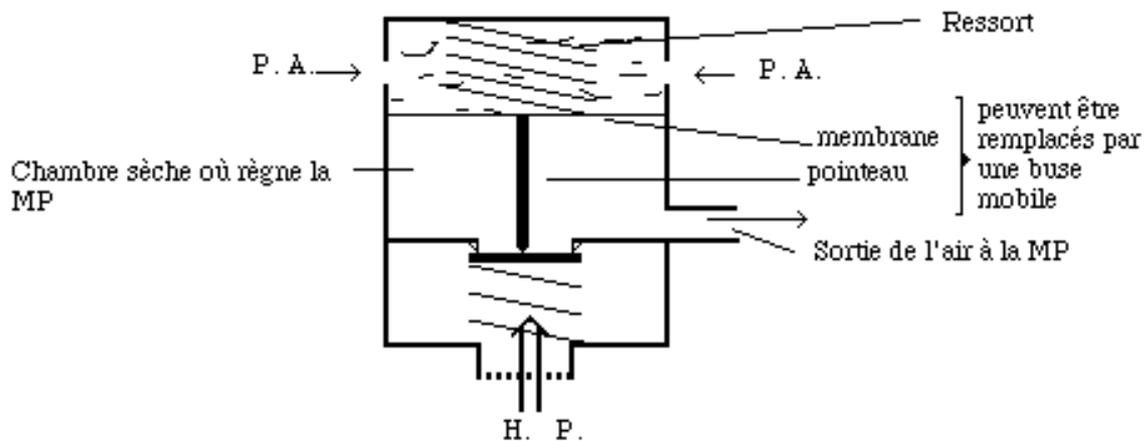
### Fonctionnement du premier étage :

Prenons comme exemple, un détendeur à membrane.

Le premier étage est séparé en deux parties par la membrane. Une partie est en rapport avec l'air haute pression de la bouteille, c'est la chambre sèche, l'autre est la chambre humide qui communique avec le milieu ambiant par des orifices.

**1. Au repos et sur arrêt d'une inspiration** (bouteille ouverte, le détendeur monté sur le bloc) :

L'air haute pression plaque le clapet sur son siège, l'air contenu dans la chambre sèche est en équipression avec la pression ambiante (PA) additionnée de la force du ressort. On appelle cette pression la moyenne pression.



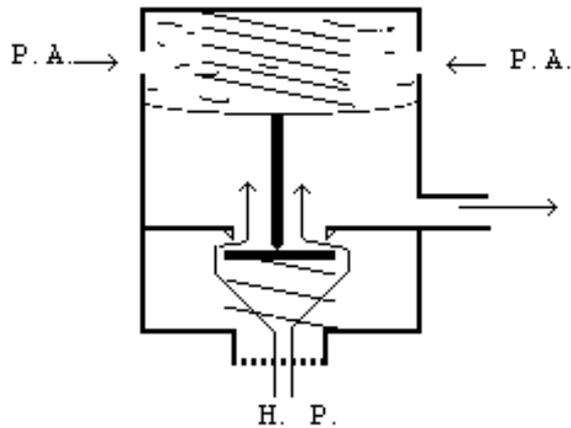
**Schéma du principe de fonctionnement du premier étage**

**2. A l'inspiration :**

La chambre sèche se vide, ce qui crée une dépression dans celle-ci, la membrane se déforme, entraînant dans son mouvement le pointeau.

L'air haute pression emplit alors la chambre sèche jusqu'à égalisation des pressions de part et d'autre de la membrane.

La membrane retrouvant sa position de repos, le clapet repoussé sur son siège, l'air est détendu à la valeur de la MP.

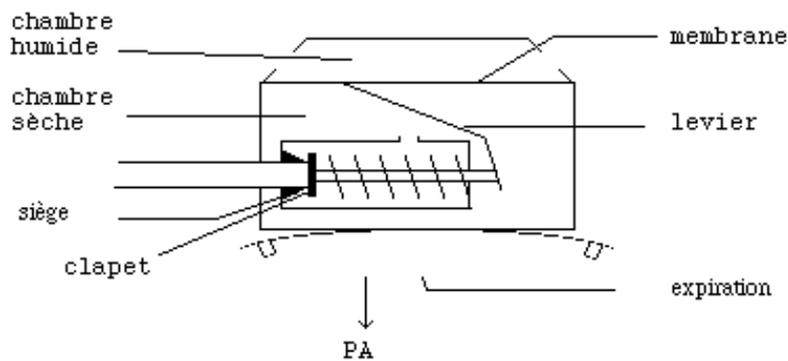


**Schéma du principe de fonctionnement  
du premier étage  
à l'inspiration**

L'ensemble membrane pointeau peut être remplacé par un piston.

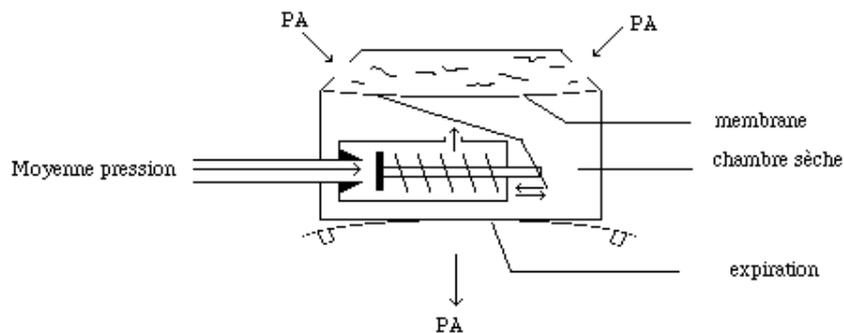
**Le deuxième étage :**

Il se présente un peu différemment, puisque il n'est pas gréé sur la bouteille et qu'il est muni de l'embout que l'on place en bouche.



**Schéma du deuxième étage**

**À l'inspiration**, la dépression créée dans la chambre sèche déforme la membrane, ce qui abaisse le levier.



**Schéma du principe de fonctionnement  
du deuxième étage**

Le clapet est ainsi déplacé de son siège.

**A l'arrêt de l'inspiration**, l'air envahit la chambre sèche jusqu'à l'égalisation des pressions.  
**A l'expiration**, l'air est à la pression ambiante et s'évacue par la soupape d'expiration.  
**Au total**, l'air est détendu à la pression ambiante en 2 étapes.

Ce deuxième étage peut être muni d'une molette de réglage permettant de régler plus ou moins la dureté de l'inspiration. Il faut naturellement le régler de façon à ne pas avoir trop d'effort inspiratoire. Mais plus le réglage est souple, plus le plongeur peu expérimenté consomme, surtout au-delà de 30 mètres.

Il existe au niveau du deuxième étage un orifice fermé par une petite membrane, la soupape d'expiration, permettant à l'air expiré de s'évacuer par les « moustaches ».

Ces moustaches permettent à l'air expiré de remonter à la surface sans gêner la vue du plongeur.

### **L'utilisation du matériel demande un peu de soin :**

- éviter les chocs et l'écrasement
- ne pas le laisser exposé au soleil
- rincer à l'eau douce après chaque plongée
- ne pas faire pénétrer d'eau dans le premier étage (le rincer bouchon fermé)
- ne pas fermer avec le bouchon pour l'entreposer (pour évacuer l'humidité éventuelle)
- surveiller l'aspect du filtre situé à l'entrée de l'air dans le premier étage et la souplesse à l'inspiration
- le réviser une fois par an (en fonction du nombre de plongées)
- ne pas souffler de l'air dans le premier étage après une plongée.

## **ÉLÉMENTS DE CHOIX POUR UN DÉTENDEUR**

### **Premier étage à membrane ou à piston ?**

La membrane apporte une meilleure protection du mécanisme contre le milieu et la diminution du risque de givrage en eau très froide, sans « kit » particulier. Le système du piston permet l'utilisation d'un nombre de pièces plus faible, ce qui diminue les risques de panne.

### **Premier étage compensé ou non ?**

La compensation permet un confort respiratoire, notamment en fin de plongée. Elle est nécessaire pour les plongées un peu profondes. Les premiers étages à membrane sont tous compensés, ce qui n'est pas le cas des systèmes à piston. La compensation est plus chère que la non compensation.

Pour le deuxième étage, on peut faire les mêmes réflexions que pour le premier étage. Sauf qu'ils sont tous à membrane.

### **Marque connue ou non ?**

Tenir compte pour le choix du coût du SAV (il est parfois meilleur marché d'acheter un nouveau détendeur que de faire 2 ou 3 révisions) mais aussi des facilités d'approvisionnement en pièces détachées. Se renseigner sur les garanties proposées : intégrées au prix du détendeur ou non.

## 7.5 Gilet Stabilisateur (Stab)

La plupart des modèles de stabs sont réglables, il existe cependant encore quelques modèles « enveloppants ». Il est plus facile de se déséquiper avec les premières et leurs possibilités de réglage font qu'une seule taille s'adapte à un large éventail de gabarits de plongeur. Par contre, l'air circule moins bien dans l'enveloppe.

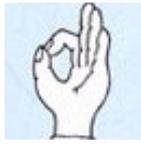
Si les stabs enveloppantes ont une meilleure circulation d'air dans l'enveloppe - ce qui permet une meilleure stabilisation dans certaines positions - par contre elles sont plus ajustées.

Il y a de plus en plus de stabs dites « dorsales ». Composées simplement d'un dossier, d'une enveloppe dorsale et de sangles, elles ne permettent pas une très bonne stabilisation dans certaines positions et surtout ne peuvent absolument pas garantir une quelconque sécurité en surface. Particulièrement chères, elles sont à réserver à des plongeurs très expérimentés qui utilisent 3 ou 4 bouteilles ou qui font de la spéléo.

Une stab est un matériel fragile qui demande à être bien rincé (sel), protégé du soleil (vieillesse de l'enveloppe), vidé à chaque fois. L'inflateur doit être entretenu afin de ne pas se bloquer en débit continu.

Il est possible de faire réviser sa stab dans certains magasins en cas de dysfonctionnement.

## 8) Quelques signes usuels



Tout va bien  
ou signal reçu\*



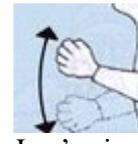
Tout va bien  
(signal de surface)\*



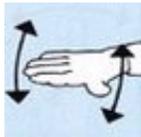
Tout va bien  
(en surface de nuit)\*



Je suis sur  
réserve (50 bars)\*



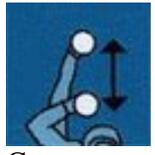
Je n'arrive pas à  
ouvrir ma réserve  
**(n'est plus  
utilisé)\***



Ca ne va pas  
normalement\*



Signal de  
détresse  
(en surface)\*



Ca ne va pas (en  
surface, de nuit)\*



Je suis narcosé



Je suis essoufflé\*



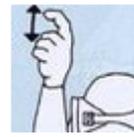
J'ai froid\*



J'ai des vertiges



Je n'ai plus  
d'air\*



Purge ton gilet



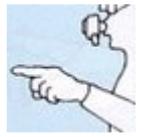
Compense ou  
gonfle ton gilet



Rapprochez-vous  
de moi,  
regroupez vous



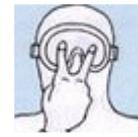
Moi



Toi



Nous tous



Regarde



Restez groupés  
Rassemblement



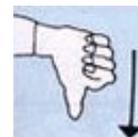
Stop, reste là  
ou je reste là



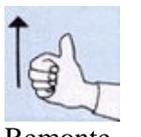
Tenez-vous



Direction à  
suivre



Descends  
ou je descends



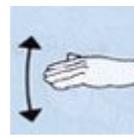
Remonte  
ou je remonte



Montre ton  
manomètre



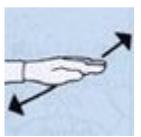
Ouvre plus les  
jambes  
Avançons



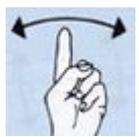
Doucement



Fin de plongée



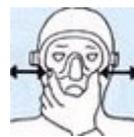
Stabilise toi



Non



Equilibre ton  
masque



Equilibre les  
oreilles



Expire

\* signes « réglementaires », à connaître obligatoirement.