

1994-2024  
30 ans

**MZ PLONGEE LA NEUVEVILLE**

# **PLONGEUR D2**

**COURS CONFORME AUX STANDARDS**

**CMAS**   
swiss diving





## LES CERTIFICATIONS DU PLONGEUR

Voici toutes les possibilités de formations à disposition du plongeur...

### D1 CMAS swiss diving

#### Cours de spécialités

Orientation sous-marine  
Sauvetage / Premiers Secours  
Plonger en altitude / Altitude Diver  
Plonger sous glace / Ice Diver  
Plonger en combinaison étanche / Dry suit Diver  
Plonger en rivière / River Diver

### D2 CMAS swiss diving

### D3 CMAS swiss diving



## LE NIVEAU DE PLONGEUR AUTONOME

C'est le niveau minimum souhaitable pour un plongeur régulier, en lac.

Ce cours est conçu selon les standards de CMAS Suisse Diving, le représentant de la CMAS en suisse.

Le brevet de **PLONGEUR DEUX ETOILES** obtenu après ce cours est le brevet délivré par CMAS SWISS DIVING. Il est reconnu par toutes les organisations de plongée à travers le monde.

Il permet à son titulaire de plonger d'une manière sûre et d'organiser des plongées, jusqu'à une profondeur de -25/-35m, par petites palanquées avec des partenaires de niveau égal.

---

Ce manuel a été conçu comme un support théorique et un guide pédagogique pour l'enseignement du D2 CMAS Swiss Diving, second niveau de plongeur. Il est utilisé par l'école de plongée MZPLONGEE à La Neuveville.

Ce support a été téléchargé sur le site [www.mzplongee.ch](http://www.mzplongee.ch) et peut être librement utilisé à condition qu'aucune modification ne lui soit apportée.

Mauro Zürcher

**TABLE DES MATIERES**

<b>LES CERTIFICATIONS DU PLONGEUR .....</b>	<b>3</b>
<b>LE NIVEAU DE PLONGEUR AUTONOME .....</b>	<b>4</b>
<b>LE D2 CMAS SWISS DIVING .....</b>	<b>9</b>
<b>OBJECTIFS DU PREMIER COURS THÉORIQUE .....</b>	<b>10</b>
<b>RAPPEL .....</b>	<b>11</b>
LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE .....	11
LA PRESSION HYDROSTATIQUE.....	11
LA PRESSION ABSOLUE .....	11
LA PRESSION PARTIELLE.....	12
LA LOI DE DALTON .....	12
EXEMPLE .....	13
LA LOI DE BOYLE / MARIOTTE .....	14
LOI DE GAY-LUSSAC OU DE CHARLES.....	14
LE PRINCIPE D'ARCHIMEDE .....	14
EN EAU DOUCE .....	15
<b>LA VISION SOUS-MARINE .....</b>	<b>16</b>
APPLICATION A LA PLONGÉE .....	16
LA REFRACTION.....	16
L'ABSORPTION SÉLECTIVE .....	17
<b>LE SON SOUS L'EAU .....</b>	<b>18</b>
PROPAGATION DU SON SOUS L'EAU .....	18
<b>DEPERDITION CALORIFIQUE .....</b>	<b>18</b>
<b>LES ECHANGES GAZEUX .....</b>	<b>19</b>
LA RESPIRATION EN PLONGÉE.....	19
LES VOIES RESPIRATOIRES.....	20
LES VOLUMES PULMONAIRES.....	21
L'ALVEOLE PULMONAIRE.....	22
LES ÉCHANGES GAZEUX.....	22
L'ALVEOLE PULMONAIRE.....	23
LE SANG.....	24
LE CŒUR.....	24
LA CIRCULATION SANGUINE .....	25
<b>SATURATION ET DESATURATION .....</b>	<b>26</b>
LA LOI DE HENRY .....	27
LA TENSION .....	27
PRINCIPE DE LA DISSOLUTION .....	27
POURQUOI ET COMMENT L'AZOTE PASSE DANS LE CORPS ? .....	28
LES TISSUS (COMPARTIMENTS) .....	30
LA SATURATION D'UN TISSU.....	31
LA DESATURATION D'UN TISSU.....	32
LA SURSATURATION D'UN TISSU .....	33
<b>OBJECTIFS DU SECOND COURS THÉORIQUE .....</b>	<b>35</b>



<b>LES CONTRE-INDICATIONS A LA PLONGEE.....</b>	<b>36</b>
LES CONTRE-INDICATIONS DEFINITIVES .....	36
LES CONTRE-INDICATIONS TEMPORAIRES .....	37
<b>LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION .....</b>	<b>38</b>
FORMES D'ACCIDENT .....	38
DELAIS D'APPARITION.....	38
LA FORMATION DES MICROBULLES.....	39
TYPES D'ACCIDENTS .....	39
CAUSES.....	40
LES ATTEINTES NEUROLOGIQUES      68 % .....	41
LES ATTEINTES OSTEO-ARTICULAIRES (BENDS)      29 % .....	42
FORMES DIVERSES      3%.....	43
PUCES ET MOUTONS .....	43
OREILLE INTERNE .....	43
PREVENTION DES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION .....	44
FACTEURS FAVORISANTS .....	44
QUE FAIRE EN CAS D'ACCIDENT DE DECOMPRESSION ? .....	45
<b>LES BAROTRAUMATISMES .....</b>	<b>47</b>
ANATOMIE DE L'OREILLE .....	48
BAROTRAUMATISME DE L'OREILLE.....	49
BAROTRAUMATISME DES SINUS .....	50
LA SURPRESSION PULMONAIRE .....	51
EMBOLIE GAZEUSE .....	52
<b>OBJECTIFS DU TROISIÈME COURS THÉORIQUE .....</b>	<b>53</b>
<b>POURQUOI LES TABLES DE DECOMPRESSION ?.....</b>	<b>54</b>
<b>DEFINITIONS .....</b>	<b>55</b>
<b>LA COURBE DE SECURITE (0-700M).....</b>	<b>57</b>
<b>PLONGEE SIMPLE.....</b>	<b>57</b>
CALCUL DE CONSOMMATION D'AIR .....	58
<b>PLONGEE SIMPLE EN ALTITUDE .....</b>	<b>59</b>
PASSAGE D'UN COL / VOL APRES LA PLONGEE .....	59
<b>PLONGEE SUCCESSIVE .....</b>	<b>60</b>
<b>VITESSE DE REMONTÉE NON RESPECTEE .....</b>	<b>61</b>
<b>TABLE BÜHLMANN .....</b>	<b>62</b>
<b>EXERCICE .....</b>	<b>65</b>
CORRIGÉ DE L'EXERCICE.....	66
<b>LA TABLE DE PLONGÉE PADI .....</b>	<b>67</b>
<b>PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES ORDINATEURS DE PLONGÉE.....</b>	<b>68</b>
<b>OBJECTIFS DU QUATRIÈME COURS THÉORIQUE.....</b>	<b>71</b>
<b>LES ATTEINTES BIOCHIMIQUES .....</b>	<b>72</b>
AZOTE.....	72
LA NARCOSE A L'AZOTE .....	72



OXYGENE.....	74
LES EFFETS NEUROTOXIQUES DE L'OXYGENE.....	74
LES EFFETS PNEUMOTOXIQUES DE L'OXYGENE.....	75
ANOXIE.....	75
INTOXICATION AU CO2 (GAZ CARBONIQUE).....	76
INTOXICATION AU CO.....	76
<b>LA PLONGÉE EN APNÉE.....</b>	<b>77</b>
LES ACCIDENTS QUI PEUVENT SURVENIR.....	77
LES DANGERS DE L'HYPERVENTILATION.....	78
SANS HYPERVENTILATION.....	78
AVEC HYPERVENTILATION.....	78
<b>LES DANGERS DU MILIEU.....</b>	<b>79</b>
LA NOYADE.....	79
LE FROID.....	80
<b>LES ANIMAUX VIVANT DANS LA MER.....</b>	<b>81</b>
LES OURSINS.....	81
CORAUX, ANEMONES DE MER ET MEDUSES.....	82
LES POISSONS.....	84
<b>PREVENIR LES ACCIDENTS.....</b>	<b>87</b>
<b>PROFONDEUR MAXIMALE.....</b>	<b>87</b>
<b>RÉSUMÉ DES RÈGLES DE SÉCURITÉ.....</b>	<b>88</b>
<b>MESURES À PRENDRE LORS D'ACCIDENT DE PLONGÉE.....</b>	<b>89</b>
QUE FAIRE EN CAS D'ACCIDENT.....	89
ACCIDENT À L'ÉTRANGER.....	89
<b>OBJECTIF DU CINQUIÈME COURS THÉORIQUE.....</b>	<b>91</b>
<b>LES PRINCIPALES COMPOSANTES D'UN EQUIPEMENT DE PLONGEUR.....</b>	<b>92</b>
LE GILET.....	93
LE COMPRESSEUR.....	94
LES INSTRUMENTS.....	94
<b>LE DÉTENDEUR.....</b>	<b>96</b>
LE PREMIER ÉTAGE.....	97
LE DEUXIÈME ÉTAGE.....	98
<b>LA BOUTEILLE D'AIR COMPRIME.....</b>	<b>99</b>
<b>PARTICULARITÉS DE LA PLONGEE.....</b>	<b>100</b>
LA PLONGÉE EN LAC.....	100
LA PLONGÉE DE NUIT.....	101
LA PLONGÉE EN MER.....	102
PLONGÉE EN LAC DE MONTAGNE.....	103
LA PLONGÉE EN RIVIÈRE.....	104
PLONGÉE SPÉLÉO OU SOUS LA GLACE.....	104
<b>SECURITE SUR LE SITE DE PLONGÉE.....</b>	<b>105</b>
EXTRAIT DE LA LOI FÉDÉRALE SUR LA NAVIGATION INTÉRIEURE.....	105
<b>ORGANISATION DE LA PLONGÉE.....</b>	<b>106</b>



---

<b>ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>108</b>
<b>LA VIE DANS LES EAUX DOUCES.....</b>	<b>109</b>
LES HABITANTS DU LAC .....	111
LA VÉGÉTATION .....	111
LA MOULE ZÉBRÉE .....	112
L'ANODONTE.....	113
LA LARVE DE PHRYGANE.....	113
L'ÉCREVISSE .....	115
LE CHABOT .....	116
LA PERCHE.....	118
POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA FAUNE ET LA FLORE D'EAU DOUCE.....	122
<b>IMPACT DU PLONGEUR SUR L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>123</b>
<b>LA PHOTOGRAPHIE SOUS-MARINE .....</b>	<b>124</b>
PHOTO OU VIDEO .....	124
PHOTO NUMÉRIQUE.....	124
VIDEO .....	125
PHOTO ARGENTIQUE .....	125
BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE DE LA PRISE DE VUE SOUS-MARINE .....	126
<b>PLONGER AVEC DU NITROX .....</b>	<b>127</b>
LES AVANTAGES DU NITROX.....	127
<b>CODE DE COMMUNICATION .....</b>	<b>129</b>
<b>LE PARACHUTE DE PALIER.....</b>	<b>137</b>
<b>IMPACT DU PLONGEUR SUR L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>139</b>
<b>LES AGENCES DE CERTIFICATION .....</b>	<b>140</b>
<b>ÉVALUATION DU COURS.....</b>	<b>143</b>



## **LE D2 CMAS SWISS DIVING**

Après le brevet **D\* CMAS SWISS DIVING**, le plongeur doit se perfectionner.

Lors de ce cours, le plongeur approfondira les notions théoriques indispensables à la compréhension des divers phénomènes physiques et physiologiques qui régissent la plongée.

### **POUR S'INSCRIRE AU COURS IL FAUT :**

- Être titulaire du brevet **D\* CMAS SWISS DIVING** ou d'un brevet jugé équivalent.
- Certificat médical de non contre indication à la plongée.
- Age minimum 15 ans.

### **APRES CETTE CERTIFICATION :**

Les participants ont acquis les notions indispensables pour réussir l'examen théorique nécessaire pour l'obtention de brevet **D\*\* CMAS Suisse Diving**.

### **POURSUIVRE SA FORMATION**

D3 CMAS Swiss diving



## OBJECTIFS DU PREMIER COURS THÉORIQUE

A la fin de cette première partie théorique le plongeur saura :

- Décrire les diverses pressions que subit le plongeur.
- Nommer les lois physiques régissant la flottabilité du plongeur.
- Décrire le comportement de la lumière et des sons sous l'eau.
- Décrire sommairement :
  - Le principe de fonctionnement de l'appareil respiratoire
  - Le principe de fonctionnement de l'appareil circulatoire
  - Le principe de la saturation et de la désaturation du corps humain.

## RAPPEL

### LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

L'atmosphère qui nous entoure est une couche d'air d'environ 10 km d'épaisseur. Un litre d'air pèse 1,3 grammes à 1 bar. La pression est exprimée en Kg au cm<sup>2</sup> ou en bar.

**AU NIVEAU DE LA MER, LA PRESSION ATMOSPHERIQUE EST ÉGALE À 1 bar**  
 Nous admettons qu'elle diminue linéairement de moitié entre 0m (mer) et 5'000 m d'altitude (montagne).

### LA PRESSION HYDROSTATIQUE

L'eau est environ 800 fois plus lourde que l'air :

La couche d'eau au-dessus du plongeur pèsera donc environ 800 fois plus que la couche d'air.

#### 10M D'EAU = 1 BAR

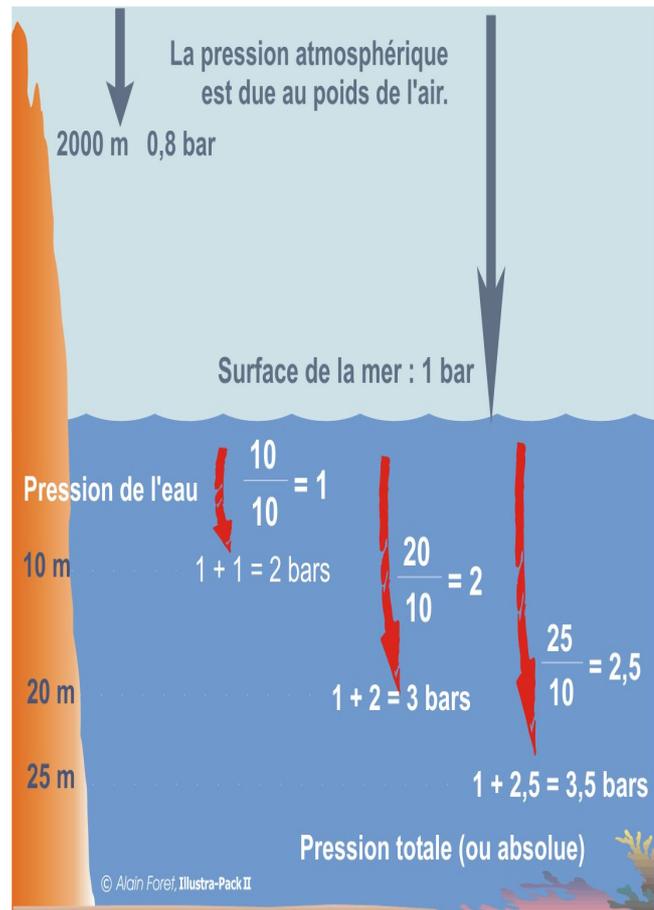
$$P_{rel} = \frac{\text{Profondeur, en mètres}}{10}$$

Cette pression hydrostatique ou pression relative varie linéairement avec la profondeur

### LA PRESSION ABSOLUE

La pression absolue est la **SOMME** de la pression atmosphérique avec la pression hydrostatique ou pression relative.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{rel}$$



## LA PRESSION PARTIELLE

La pression partielle est une partie de la pression.

C'est la partie de la pression exercée par l'un des gaz composant le mélange : -> une partie du mélange

### EXEMPLE

Air, au niveau de la mer.

Air ->	80% N <sub>2</sub>	Pp = 0,80b
	20% O <sub>2</sub>	Pp = 0,20b
	100%	P = 1 b

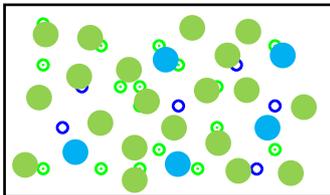
Cette pression partielle a été mise en évidence par John Dalton, physicien anglais (1766-1844)

### LA LOI DE DALTON

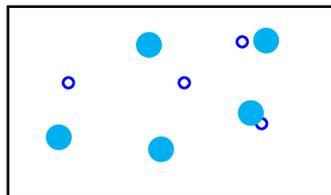
**«A température constante, la pression partielle exercée par un gaz dans un mélange équivaut à celle qu'il exercerait s'il occupait seul le volume total du mélange. »**

ou

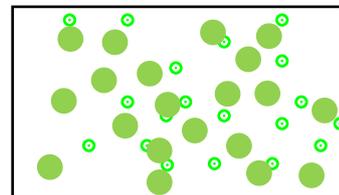
**«A température donnée, la pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions qu'aurait chacun des gaz s'il occupait seul le volume total. »**



AIR : 20% O<sub>2</sub> et 80% N<sub>2</sub>



O<sub>2</sub> -> 0.2 b



N<sub>2</sub> -> 0.8 b



Cette pression partielle se calcule en multipliant la pression absolue par la concentration du gaz considéré.

$$Pp = Pabs * \frac{X}{100} \quad Pabs = Pp * \frac{100}{X} \quad \% = 100 * \frac{Pp}{Pabs}$$

Pabs = Pression absolue

Pp = Pression partielle

X = concentration du gaz considéré.

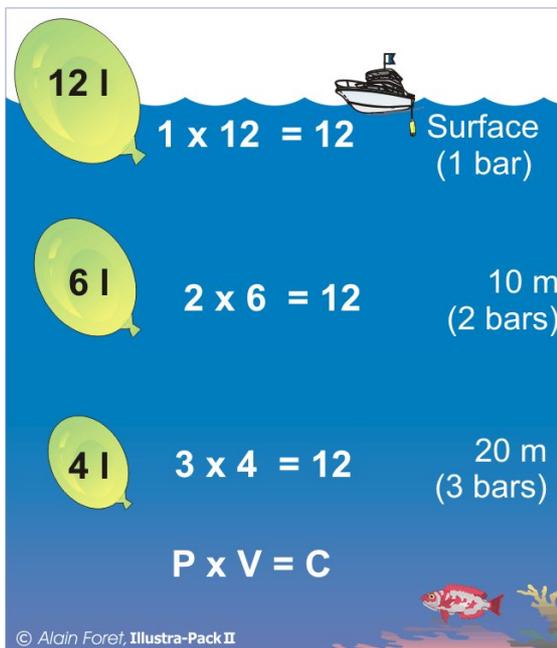
## EXEMPLE

Pression partielle de l'oxygène dans l'air, au bord de la mer :

Air -> 80% N<sub>2</sub>

20% O<sub>2</sub>      $Pp \text{ O}_2 = 1 * \frac{20}{100} = 0,20b$

## LA LOI DE BOYLE / MARIOTTE



Un ballon est descendu au fond de l'eau. L'on constate que plus on descend, plus la pression augmente et plus le volume du ballon devient petit.

Si l'on multiplie le volume par la pression absolue qu'il subit, le résultat est une constante.

Pression	Volume	K
1 bar	12 l	12
2 bar	6 l	12
3 bar	4 l	12
4 bar	3 l	12
10 bar	1.2 l	12

Cela signifie donc que plus l'on descend sous l'eau, plus le volume d'air diminue.

Inversement, si l'on remonte, le volume d'air augmentera

**« LE VOLUME D'UN GAZ EST INVERSEMENT PROPORTIONNEL À LA PRESSION QU'IL SUBIT »**

Formules :

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$P_1 = \frac{P_2 * V_2}{V_1} \quad V_1 = \frac{P_2 * V_2}{P_1}$$

## LOI DE GAY-LUSSAC OU DE CHARLES

**«La pression est proportionnelle à la température»**

Si la température augmente, P \* V augmente, donc la pression dans la bouteille augmente.

Cette loi physique nous permet d'expliquer pourquoi une bouteille gonflée « perd » de la pression quand on l'utilise pour plonger quelques jours après.

## LE PRINCIPE D'ARCHIMEDE



Sur Terre, la pesanteur maintient les différents corps au sol.  
Tous ont un POIDS.

Dans l'eau, ce phénomène persiste mais un corps plongé dans l'eau se trouve allégé.

C'est ARCHIMEDE, un mathématicien de l'antiquité, né à Syracuse en 287 av. JC, qui en donna l'explication.

**« TOUS CORPS PLONGÉ DANS UN LIQUIDE SUBIT UNE POUSSÉE VERTICALE DE BAS EN HAUT, ÉGALE AU POIDS DU VOLUME DE LIQUIDE DÉPLACÉ »**

FORMULE

Poids apparent = Poids réel - Poussée d'Archimède

**EN EAU DOUCE**

- Par litre de volume, la poussée d'Archimède est de 1 Kg
- 1 litre soulève 1 Kg

**EN EAU DE MER :**

L'EAU DE MER ÉTANT PLUS LOURDE QUE L'EAU DOUCE (1.03 KG PAR LITRE AU LIEU DE 1KG/L), LA POUSSÉE D'ARCHIMÈDE SERA PLUS IMPORTANTE EN MER. LE PLONGEUR SERA DONC PLUS LÉGER -> IL DEVRA RAJOUTER DU LEST

Formules diverses, en relation avec Archimède :

Poids = Volume \* densité ->  $P = V * d$

$$\text{Volume} = \frac{\text{Poids}}{\text{densité}} \quad \rightarrow \quad V = \frac{P}{d}$$

$$\text{Densité} = \frac{\text{Poids}}{\text{Volume}} \quad \rightarrow \quad d = \frac{P}{V}$$



## LA VISION SOUS-MARINE

La lumière blanche est composée de plusieurs longueurs d'ondes électromagnétiques se déplaçant à une vitesse de 300'000km/s dans l'air.

**En pénétrant dans l'eau, le rayon lumineux, onde électromagnétique, subit plusieurs transformations.**

### APPLICATION A LA PLONGÉE

- 1) vision floue dans l'eau
- 2) eau profonde / eau trouble -> sombre
- 3) objets plus gros
- 4) objets plus près
- 5) champ de vision rétréci
- 6) disparition des couleurs

### LA REFRACTION

L'eau est un milieu environ 800 fois plus lourd, plus dense que l'air :

La vitesse de déplacement de la lumière n'est plus que de

225'000 km/s (300'000 Km/s dans l'air).

L'angle avec lequel ce rayon continue son trajet dans l'eau est donc plus petit que celui avec lequel il frappe la surface (4/3).

Cette différence s'appelle la **réfraction**

La conséquence de cette réfraction est :

- objets plus gros de 1/3
- objets plus près de 1/4
- champ de vision rétréci



FORMULES :

$$\text{Taille visible} = \text{taille réelle} * 4/3$$

$$\text{Distance apparente} = \text{distance réelle} * 3/4$$

## L'ABSORPTION SÉLECTIVE

La lumière blanche est composée de 7 couleurs de base :

Violet, Indigo, Bleu, Vert, Jaune, Orangé, Rouge (arc-en-ciel)

L'eau peut séparer ces couleurs et les faire apparaître non plus superposées mais parallèles -> arc-en-ciel.

Quand le rayon lumineux pénètre la surface de l'eau, chacune de ces couleurs, qui correspond à une fréquence, est absorbée séparément (l'énergie est transformée en chaleur).





## LE SON SOUS L'EAU

Les sons sont des ondes mécaniques. Le milieu sous-marin est "Le monde du silence" seulement parce que l'homme ne y peut parler normalement...

Les sons de l'air ne pénètrent pas dans l'eau.

La direction du son dans l'eau est beaucoup plus difficile à déterminer que sur terre.

**« Sous l'eau, l'on perçoit mieux les sons mais on les identifie plus difficilement que sur terre. »**

Les sons se transmettent mieux dans l'eau que dans l'air.

Il faut cependant que l'origine du son soit sous-marine.

Ce phénomène est dû à la densité du milieu, celle de l'eau étant plus grande que celle de l'air.

## PROPAGATION DU SON SOUS L'EAU

La vitesse de propagation du son dépend du milieu.

VITESSE DU SON :

- Dans l'air : **330m/s**
- Dans l'eau : **1'500m/s**
- La vitesse du son est environ 5 fois plus rapide dans l'eau que dans l'air

## DEPERDITION CALORIFIQUE

L'équilibre thermique est réalisé pour une température de :

**AIR = 28 °C    EAU = 33°C**

Dans l'eau, l'échange peau-fluide a pour effet que :

**la perte de chaleur 25 fois plus grande dans l'eau que dans l'air**



## LES ECHANGES GAZEUX

Grâce à la respiration, les alvéoles pulmonaires sont approvisionnées en « air frais », **oxygène**, et débarrassées des résidus de la combustion de l'O<sub>2</sub> dans l'organisme, le **CO<sub>2</sub>**.

Après les échanges gazeux dans l'alvéole pulmonaire, le sang va « porter » l'oxygène et reprendre le gaz carbonique dans chaque cellule de l'organisme, qui "respirent" à leur tour.

Bien entendu, il y a une relation entre les besoins des tissus de l'organisme et le fonctionnement de l'appareil respiratoire.

### LA RESPIRATION EN PLONGEE

A -20m par exemple, la pression et la densité de l'air sont multipliés par 3, ce qui a pour effet d'augmenter la résistance ventilatoire. L'écoulement de l'air dans les voies respiratoires est aussi perturbé.

La position du plongeur et de son détendeur peuvent aussi exercer une influence. De plus, il faut encore tenir compte de la résistance respiratoire induite par l'appareil de plongée lui-même.

#### **Fosses nasales (1)**

C'est là que l'air est débarrassé de ses impuretés, filtré, humidifié et réchauffé.

#### **Pharynx (2)**

C'est le carrefour entre les conduits aériens et digestifs.

#### **Larynx (3)**

Tout de suite après le pharynx, il y a le larynx, siège des cordes vocales.

#### **La trachée (4)**

Sorte de conduite formée d'anneaux cartilagineux d'environ 12cm de long et de 12mm de diamètre. Elle se divise en deux embranchements, les bronches-souches, qui entrent dans les poumons.

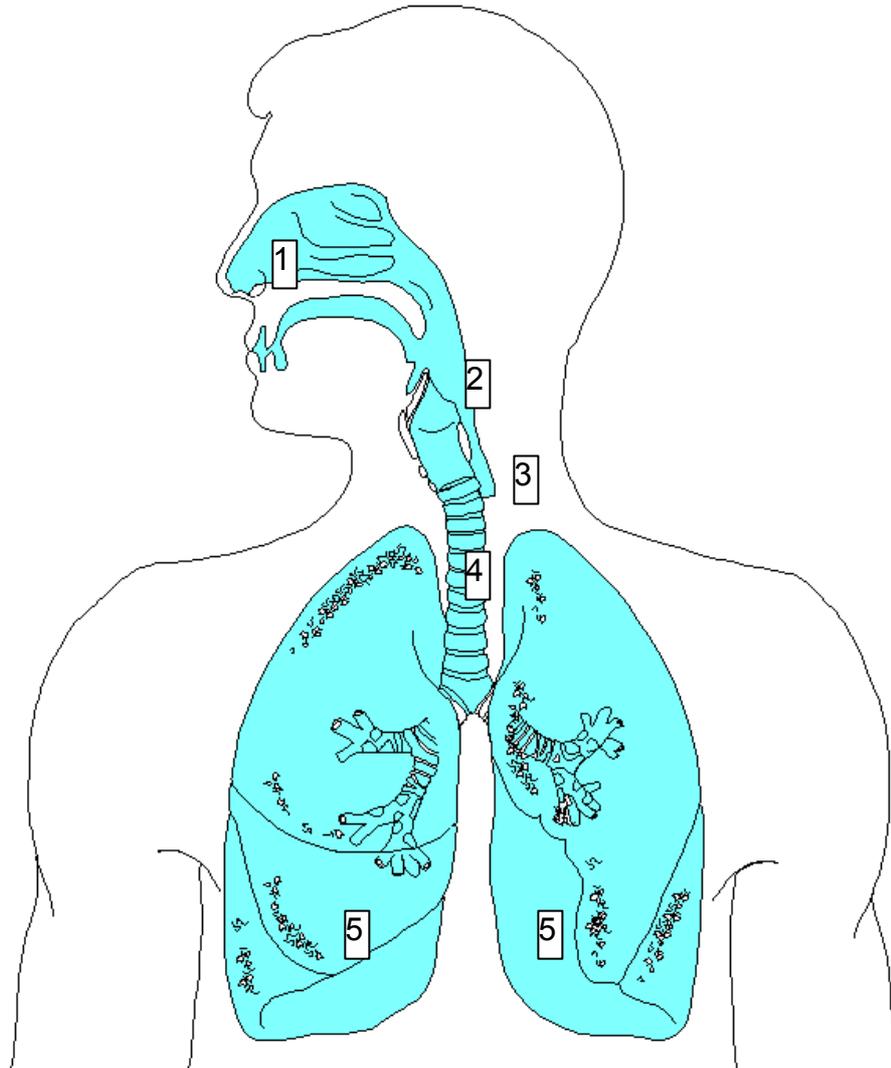
#### **Les poumons (5)**

Ce sont deux organes élastiques enveloppés dans une enveloppe à deux feuillets, la plèvre, contenu dans le thorax, cage formée par les côtes et les muscles thoraciques, et fermée par le diaphragme.

Les poumons sont composés d'une multitude d'alvéoles pulmonaires (300-400 mio).

La surface d'échange est d'environ 100m<sup>2</sup>.

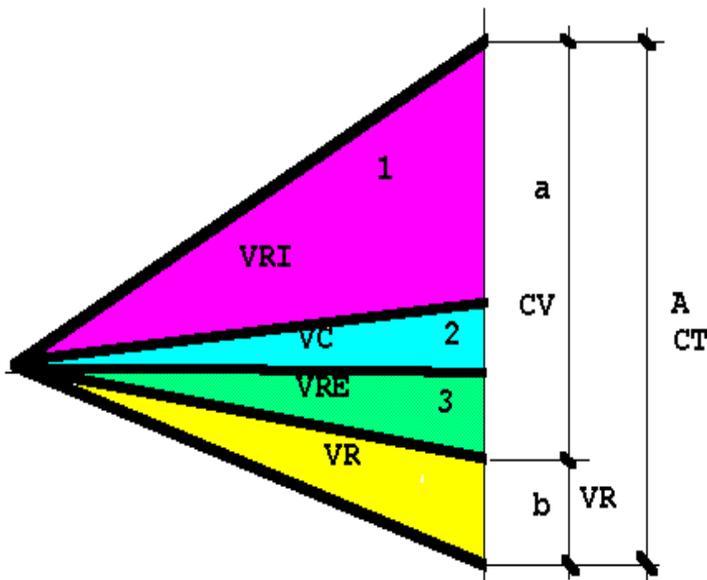
## LES VOIES RESPIRATOIRES



## LES VOLUMES PULMONAIRES

Le volume pulmonaire se divise en plusieurs sections:

- |                                          |               |
|------------------------------------------|---------------|
| 1) VRI -> Volume de réserve inspiratoire | -> 2,5 litres |
| 2) VC -> Volume courant                  | -> 0,5 litres |
| 3) VRE -> Volume de réserve expiratoire  | -> 1,5 litres |
| 4) VR -> Volume résiduel                 | -> 1,5 litres |
|                                          |               |
| A) CT -> Capacité totale                 | -> 6,0 litres |
| a) CV -> Capacité vitale                 | -> 4,5 litres |
|                                          |               |
| b) VR -> Volume résiduel                 | -> 1,5 litres |





## L'ALVEOLE PULMONAIRE

C'est le centre des échanges gazeux.

On peut comparer une alvéole pulmonaire avec un **petit ballon** qui se **gonfle à l'inspiration**, se remplissant ainsi d'air frais, riche en oxygène, et se **dégonfle à l'expiration**, rejetant ainsi le  $\text{CO}_2$ .

Il y a entre 300 et 400 mio d'alvéoles représentant une surface d'échange de  $100\text{m}^2$  env. Elles ont un diamètre d'environ 0,1-0,3mm et l'épaisseur est inférieure au millième de mm.

L'alvéole est garnie de "surfactant", substance empêchant l'alvéole de se plaquer sur elle-même.

L'épaisseur de la paroi alvéolaire est plus petite que 1 micron

## LES ÉCHANGES GAZEUX

Ces échanges portent le nom d'hématose. Le sang est mis en contact avec les divers gaz au niveau de l'alvéole pulmonaire.

Cette hématose dépend de :

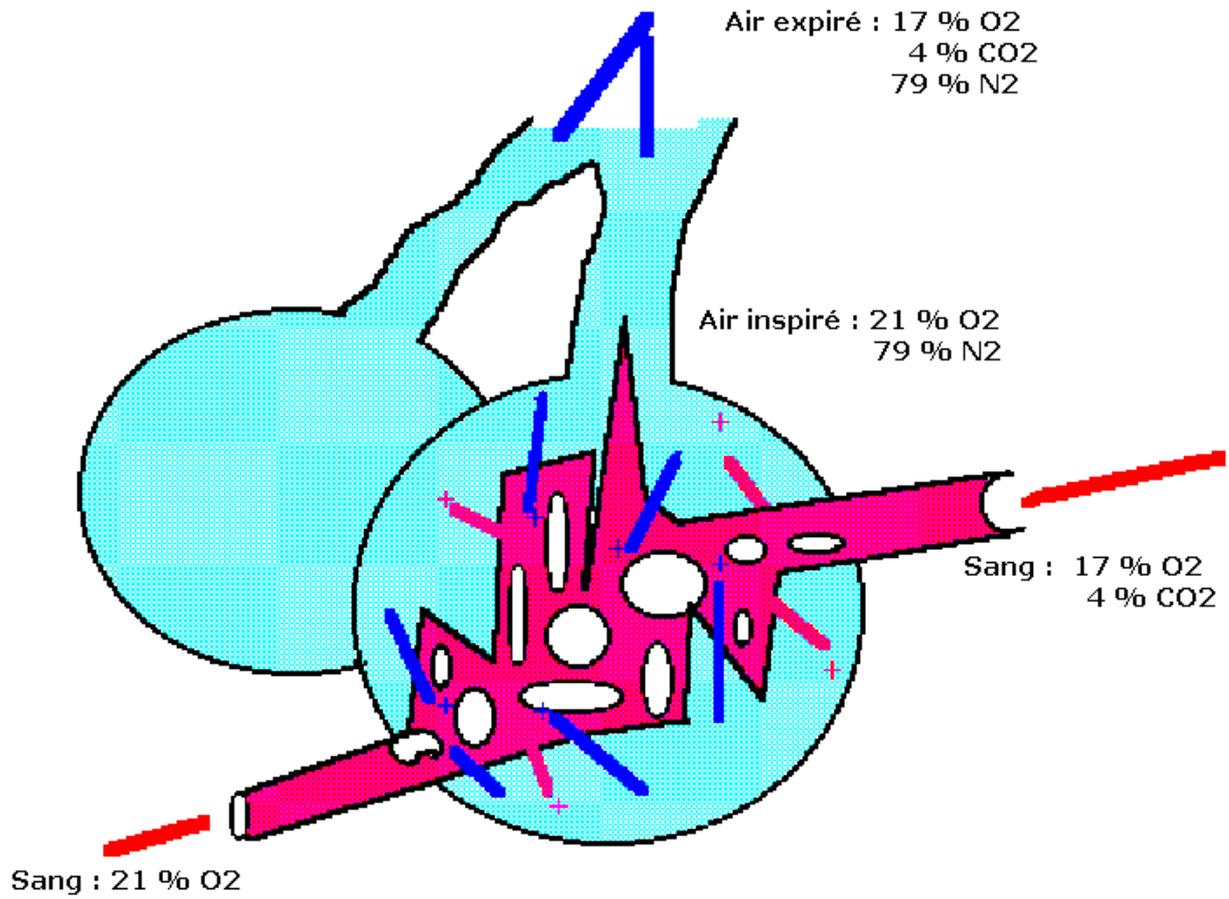
- Loi de Henry -> solubilité des gaz
- **LE GRADIENT DE PRESSION**

### Alvéole | Sang

Azote	$\text{N}_2$	80 %	Pp 0.8 b	-> <-	T 0.8 b
Oxygène	$\text{O}_2$	20 %	Pp 0.2 b	-> <-	T 0.16 b (-0.04)
Gaz	$\text{CO}_2$	0	0	-> <-	T 0.04 b (+0.04)

Comme on peut le constater, il y a une différence de pression entre les composants de l'air alvéolaire et les mêmes gaz dissous dans le sang.

## L'ALVEOLE PULMONAIRE



## LE SANG

C'est le transporteur du **gaz**, des **matières nutritives** et des **déchets** de l'organisme.

Un adulte dispose d'environ 5 litres de sang soit 5-7% du poids du corps.

Le sang est composé de :

- plasma
- globules blancs ou leucocytes
- globules rouges ou hématies
- plaquettes sanguines ou thrombocytes

## LE PLASMA

C'est lui qui véhicule le CO<sub>2</sub> et les éléments nutritifs comme les protéines, les lipides, les glucides, les substances minérales, les vitamines.

## LES GLOBULES BLANCS OU LEUCOCYTES

Le rôle des globules blanc est la défense anti-infectieuse. C'est aussi le système immunitaire des cellules.

## LES GLOBULES ROUGES

Ils contiennent de l'hémoglobine, qui est le transporteur de l'oxygène. Un litre de sang contient environ 150g d'hémoglobine.

## LES PLAQUETTES SANGUINES OU THROMBOCYTES

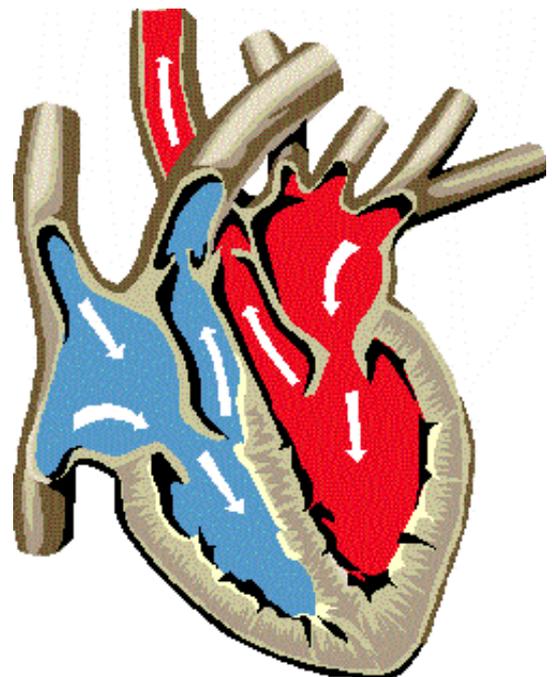
Elles jouent un rôle dans la coagulation du sang et interviennent lors d'un accident de dé-compression.

## LE CŒUR

C'est une pompe refulante, qui fait circuler le sang dans le corps humain. Le cœur d'un adulte est un organe gros comme le poing pesant entre 250 et 300 grammes. Rythme au repos : adulte 60-80 pulsations/minute.

Environ 4 à 5 litres de sang circulent chaque minute dans le corps.

Lors d'un effort modéré, le rythme augmente et le débit cardiaque peut passer facilement de 16 à 18 litres par minute, tout le sang de l'organisme faisant alors plus de trois tours en une minute.



## LA CIRCULATION SANGUINE

L'appareil circulatoire est un ensemble composé de trois parties : le **cœur**, pompe chargée d'assurer la circulation du sang, **les diverses artères, veines et vaisseaux**, tuyaux dans lesquels circule le sang et le **sang**, transporteur des gaz et des matières nutritives. C'est donc le sang qui va transporter les divers gaz dans toutes les parties du corps du plongeur (Tissus).

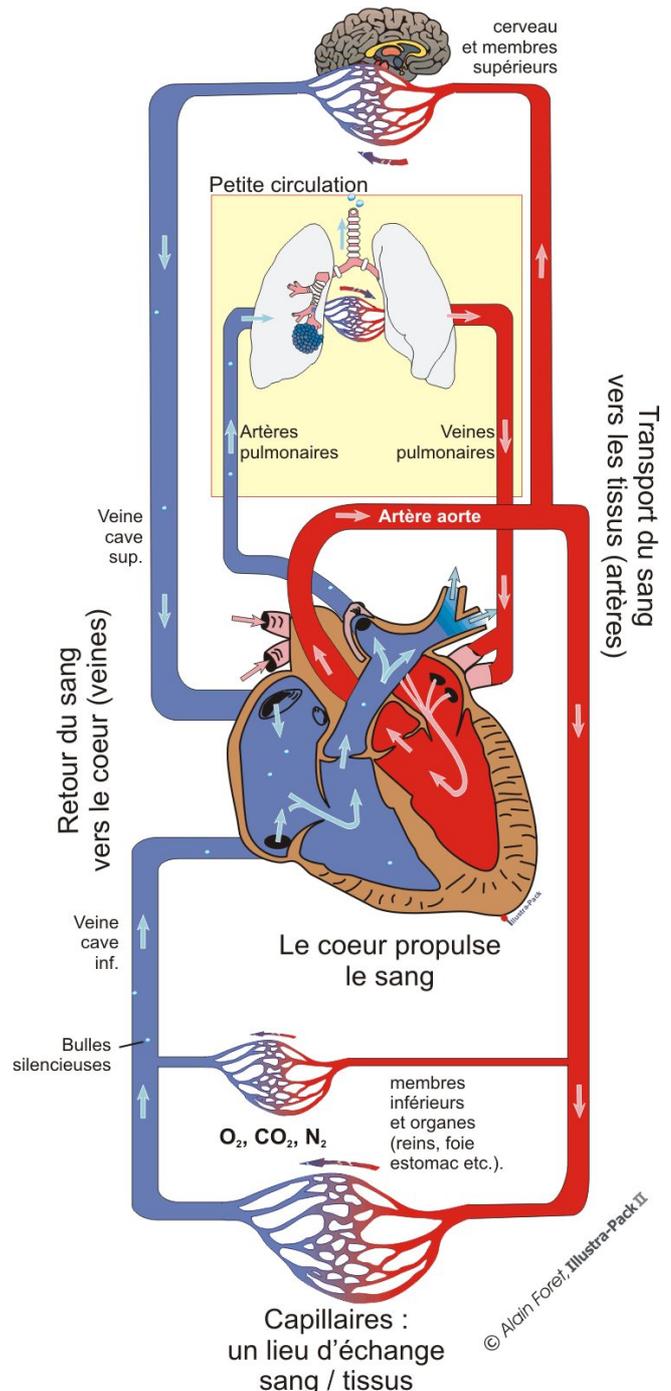
A la sortie du cœur, le sang veineux est envoyé dans les artères pulmonaires.

Les artères pulmonaires conduisent le sang aux poumons où ont lieu les échanges gazeux puis le sang retourne dans le cœur.

Le sang est alors envoyé dans l'aorte, artère principale qui se divise rapidement en artérioles qui portent le sang oxygéné partout dans le corps.

Les échanges gazeux et nutritifs entre les cellules et le sang se produisent au niveau des **capillaires**.

Les veinules et les veines ramènent le sang au cœur.



## SATURATION ET DESATURATION

Sous l'eau, nous savons que nous devons respirer de l'air à une pression égale à celle que nous subissons (détendeur).

Nous savons que notre sang est en contact avec cet air sous pression par l'intermédiaire des poumons (alvéoles).

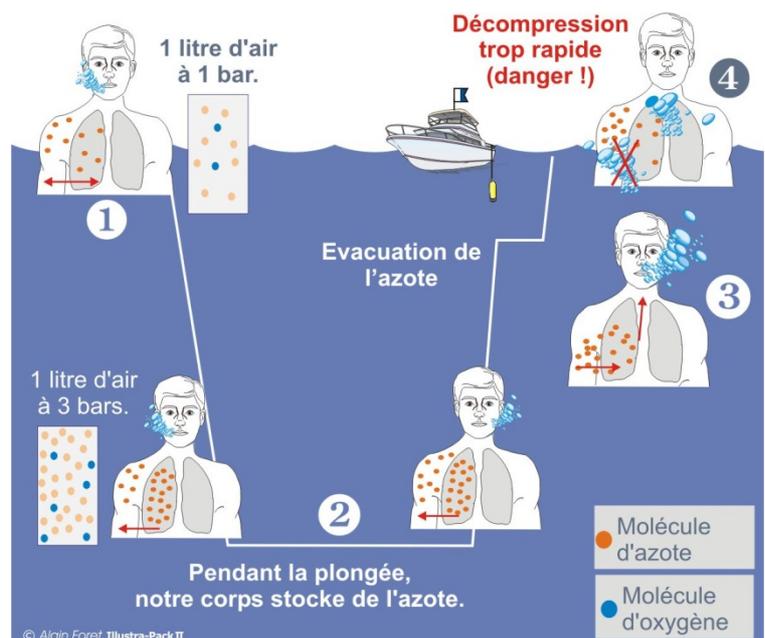
Enfin, nous savons que plus la pression est grande, plus la quantité d'azote dissoute sera grande aussi (voir plus loin la loi de Henry).

**DONC :**

**A LA DESCENTE ET PENDANT LA  
PLONGEE, DE L'AZOTE VA SE  
DISSOUDRE DANS NOTRE CORPS.**

**A LA REMONTEE, CET AZOTE  
DISSOUS VA VOULOIR RESSORTIR  
DE NOTRE CORPS**

Si la saturation du corps humain ne pose pas de problèmes en plongées sportives, la désaturation elle, doit obéir à des règles strictes, établies par la physiologie humaine. Le non-respect de ces règles de désaturation entraîne un **accident de décompression**.



## LA LOI DE HENRY

**"A TEMPÉRATURE DONNÉE, LA QUANTITÉ DE GAZ DISSOUS À SATURATION DANS UN SOLVANT LIQUIDE EST PROPORTIONNELLE À LA PRESSION DU GAZ AU-DESSUS DE CE SOLVANT"**

Cette quantité dépend bien sur de beaucoup de facteurs :

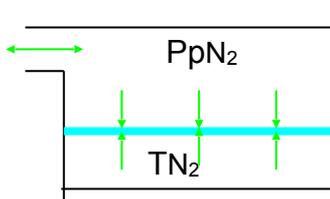
	Action	Plongeur
Nature du gaz	voir table	O <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> / He / H <sub>2</sub>
Nature du liquide	voir table	Tissus du corps
Température	T- = Q+	Constante, 37°C
Pression	P+ = Q+	Profondeur
Temps	temps+ = Q+	Temps de plongée
Surface de contact	S+ = Q+	Vascularisation des tissus
Agitation	A+ = Q+	Efforts

## LA TENSION

Quand le gaz se trouve dissous l'on ne parle plus de pression ou de pression partielle mais de **TENSION DE GAZ DISSOUS** !

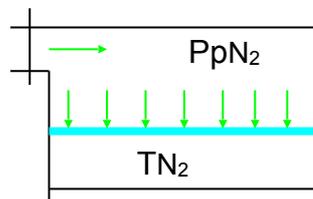
$$T(\text{tension}) = \frac{x}{100} * P_{\text{abs}} \quad T = \frac{20}{100} * 2 = \frac{40}{100} = 0,40b$$

## PRINCIPE DE LA DISSOLUTION



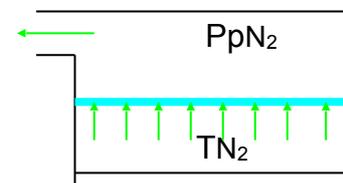
EQUILIBRE

La TN<sub>2</sub> est = à la PpN<sub>2</sub>  
Il n'y a pas  
d'échanges gazeux



SATURATION

La TN<sub>2</sub> est < que la PpN<sub>2</sub>  
L'azote se dissout  
dans le liquide



DESATURATION

La TN<sub>2</sub> est > que la PpN<sub>2</sub>  
L'azote ressort  
du liquide

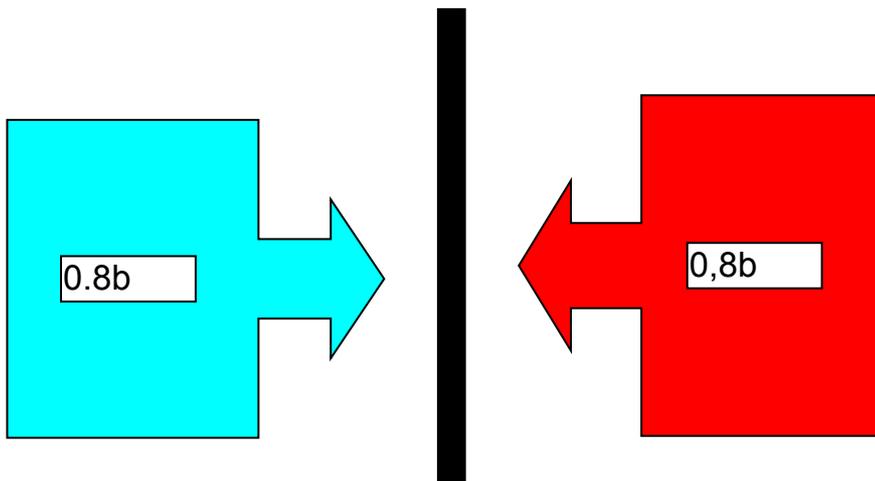
## POURQUOI ET COMMENT L'AZOTE PASSE DANS LE CORPS ?

Pourquoi et comment cet azote (ou tout autre gaz) passe-t-il dans le corps humain ?

**PAR DIFFUSION À TRAVERS LA MEMBRANE PULMONAIRE**

C'EST LA DIFFERENCE ENTRE LA PRESSION PARTIELLE ET LA TENSION QUI EST LE MOTEUR DE L'ÉCHANGE GAZEUX !

**EN SURFACE, AVANT LA PLONGÉE : 80% N<sub>2</sub>**



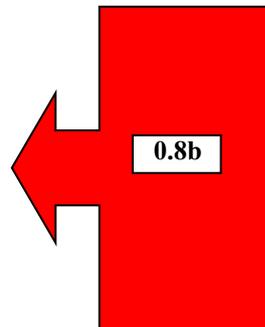
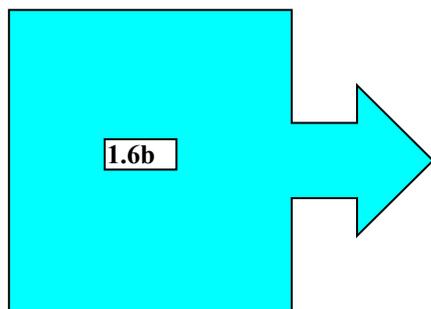
**La Pp N<sub>2</sub> (pression partielle) est égale à la T N<sub>2</sub> (tension) (0.8 bar)**

Le corps est dit en état de saturation. Il n'y a pas d'échange d'azote.  
Par contre, le corps ayant consommé de l'oxygène et produit du CO<sub>2</sub>, il y a mouvement de ces deux gaz.

**SOUS L'EAU, À 10 M DE FOND : 80% N<sub>2</sub>**

Alvéole pulmonaire

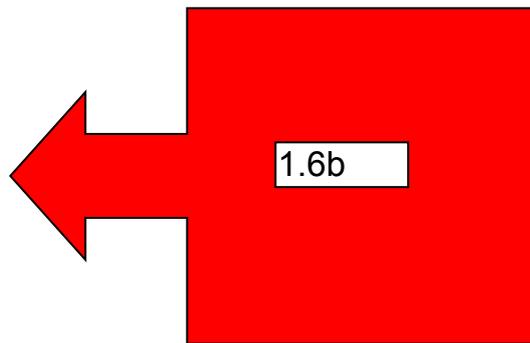
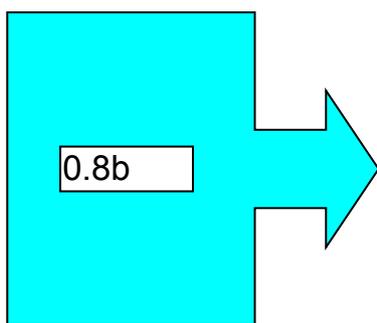
Sang



La T N<sub>2</sub> est inférieure à la Pp N<sub>2</sub>

Le corps est en état de sous-saturation. L'azote va passer dans le corps.  
Quand la T N<sub>2</sub> sera à nouveau égale à la Pp N<sub>2</sub> il y aura de nouveau équilibre, T N<sub>2</sub> et Pp N<sub>2</sub> seront de 1.6 bar.

**EN SURFACE, APRÈS LA PLONGÉE: 80% N<sub>2</sub>**



La T N<sub>2</sub> est supérieure à la Pp N<sub>2</sub>

Le corps est en état de sursaturation. L'azote va ressortir du corps.  
Quand la T N<sub>2</sub> sera à nouveau égale à la Pp N<sub>2</sub> il y aura de nouveau équilibre, T N<sub>2</sub> et Pp N<sub>2</sub> seront de 0.8 bar.



## LES TISSUS (COMPARTIMENTS)

L'organisme humain est une machine complexe et constamment en changement. Afin de pouvoir établir un calcul précis de la dissolution de l'azote dans l'organisme, les physiologistes et les mathématiciens ont défini les diverses parties qui composent cet organisme.

Ils ont appelé ces différentes parties des **tissus**.

Pour chaque tissu, ils ont aussi déterminé une **période**, c'est à dire le temps nécessaire pour que ces tissus absorbe **la moitié** (50%) de la quantité d'azote **qu'il peut absorber**.

### QUELQUES TISSUS (Bühlmann Zürich ZHL 16)

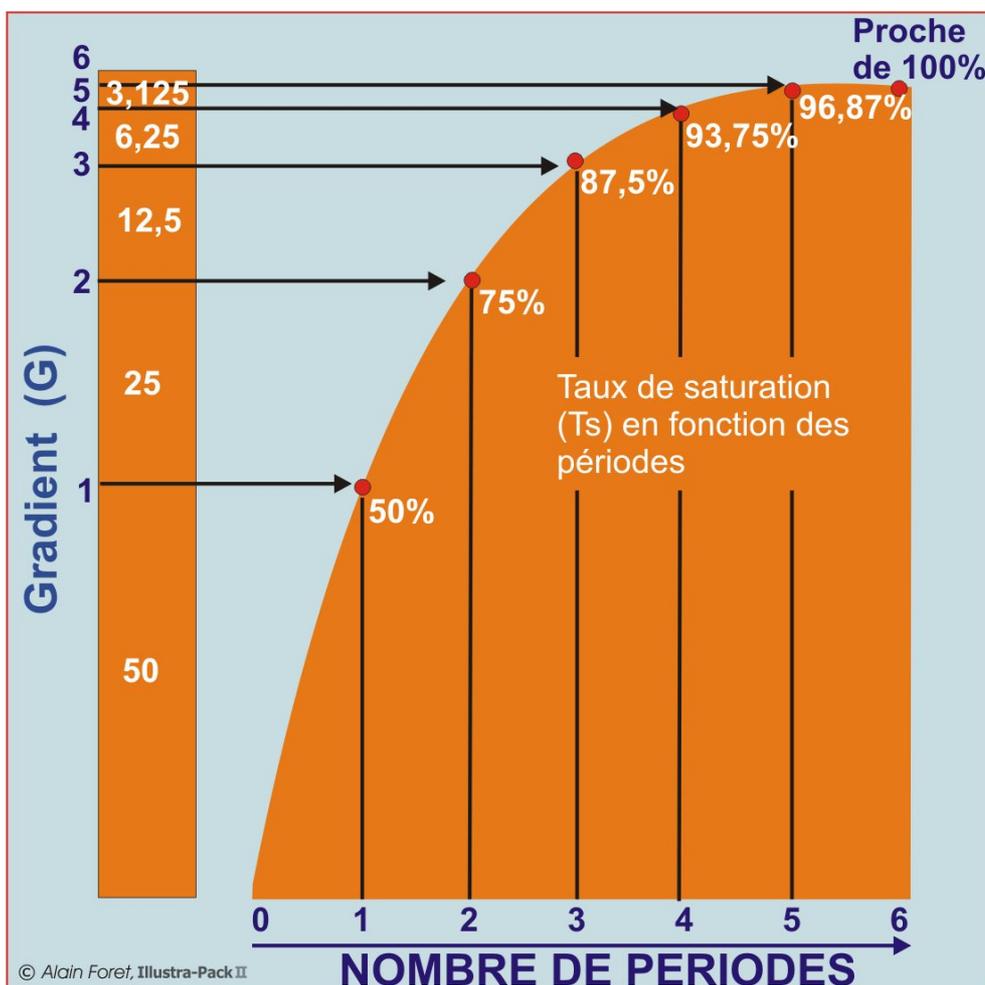
No	Correspond à	Période	
1	Sang	4 min	
2	Cerveau	8 min	court
3	Moelle	12.5 min	
7	Muscles	54.3 min	moyen/long
14	Os	390 min	long

## LA SATURATION D'UN TISSU

Cerveau, période 8 minutes. Chaque fois que 8 minutes seront écoulées, le tissu aura "fait" 50 % de ce qu'il peut faire.

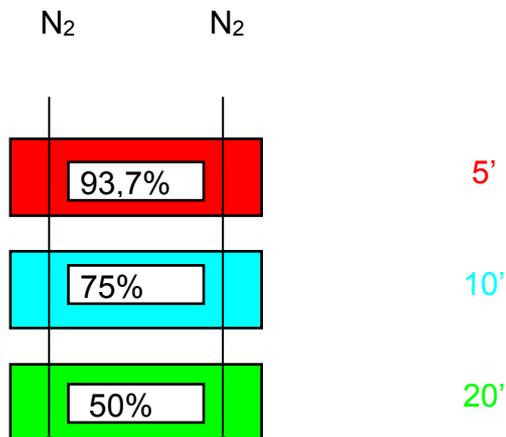
L'on admet qu'au bout de 6 fois la période, le tissu est saturé.

## LA SATURATION D'UN TISSU



Dans notre organisme, tous les tissus sont soumis simultanément à l'action de la pression partielle de l'azote.

Exemple: trois tissus de période différente soit 5', 10', 20' soumis pendant 20'.



Ainsi, après 20', la saturation du tissu de 5' est de 93,7% (4 périodes), celle du tissu 10' est de 75% (2 périodes) et celle du tissu de 20' est de 50% (1 période)

## LA DESATURATION D'UN TISSU

La courbe de désaturation d'un tissu est symétrique à celle que nous venons de voir.

Pour se désaturer, le tissu aura donc à nouveau besoin de 6 périodes et cela

**quel que soit son % de saturation.**

L'application de ces notions se retrouvera lorsque nous parlerons d'accidents de décompression et de tables de plongée, notamment le calcul des plongées successives. (Azote résiduel)



## LA SURSATURATION D'UN TISSU

C'est un état instable. Il existe une valeur limite du rapport (coefficient de sursaturation critique)

TENSION DU GAZ DISSOUS

-----  
PRESSION DU GAZ

au-delà de laquelle l'équilibre instable est rompu et provoque un DEGAZAGE (accident de décompression).

Dans l'organisme, ce rapport est de l'ordre de 2. Cette faible valeur est due au fait que, dans l'organisme, il existe ce que l'on appelle des NOYAUX GAZEUX (CO<sub>2</sub>) qui deviennent très facilement des bulles de gaz et peuvent entraîner le dégazage.





## OBJECTIFS DU SECOND COURS THÉORIQUE

A la fin de cette seconde partie théorique le plongeur saura :

- Identifier les contre indications a la plongée.
- Nommer les types d'accidents de décompression.
- Décrire le mécanisme des accidents de décompression.
- Décrire les divers barotraumatismes.
- Décrire le mécanisme du barotraumatisme de l'oreille et de la surpression pulmonaire.
- Définir et appliquer les premiers secours lors de ces accidents.
- Citer les mesures applicables pour prévenir ces accidents.



## LES CONTRE-INDICATIONS A LA PLONGEE

### LES CONTRE-INDICATIONS DEFINITIVES

Certaines atteintes ne sont pas compatibles avec la plongée. Par exemple :

#### A Appareil circulatoire

- anomalie cardiaque
- coronarite
- angine de poitrine
- infarctus
- phlébite

#### B Appareil respiratoire

- Toute pathologie infectieuse telle que : bronchite  
pleurésie  
tuberculose
- asthme
- emphysème

#### C Système nerveux

- troubles psychiatriques
- épilepsie, spasmophilie, tétanie
- traumatisme crânien, pertes de conscience

#### D Divers

- diabète
- atteintes rénales évolutives
- perforation tympanique permanente
- interventions chirurgicales sur l'oreille
- œil de verre
- décollement de la rétine
- cécité
- dentier complet
- amputation, handicaps moteurs majeurs



## LES CONTRE-INDICATIONS TEMPORAIRES

Il est préférable de s'abstenir de plonger lors de :

- Période de cicatrisation d'une plaie importante.
- Grippe, angine, bronchite.
- Otite, sinusite, rhinite, rhume.
- Lésion d'un tympan.
- Infection dentaire.
- Ulcère, gastrite, hépatite.
  
- Grossesse.
  
- Hypertension artérielle.
- **GRANDE FATIGUE PHYSIQUE OU MORALE, ANXIÉTÉ.**
- Médicaments, tranquillisants, alcool, drogue.
- **Mal de mer.**
- Insolation.
- **Froid.**

Ou tout simplement si l'on ne se sent pas en "**PLEINE FORME**"



## LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION

### FORMES D'ACCIDENT

- Atteintes neurologiques 68 %
- Atteintes ostéo-articulaires (bends) 29 %
- Autres formes 3 %

### DELAIS D'APPARITION

- 50 % des accidents dans les 30 minutes qui suivent la plongée
- 85 % des accidents dans les 60 minutes qui suivent la plongée
- 95 % des accidents dans les 3 heures qui suivent la plongée
- 99 % des accidents dans les 6 heures qui suivent la plongée

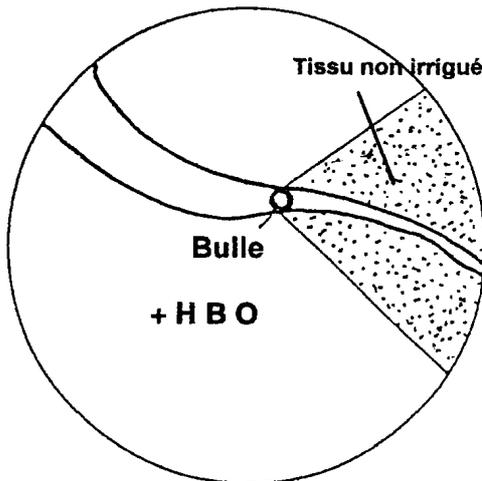
**EN RÈGLE GÉNÉRALE, L'ON PEUT PENSER QUE PLUS LE DÉLAI D'APPARITION EST RAPIDE, PLUS L'ACCIDENT EST GRAVE.**

## LA FORMATION DES MICROBULLES

Quelle qu'en soit la cause, le « coefficient de sursaturation critique » est atteint voir dépassé.

L'azote, jusqu'ici dissous dans le corps reprend sa forme de bulles à l'endroit précis où il se trouve.

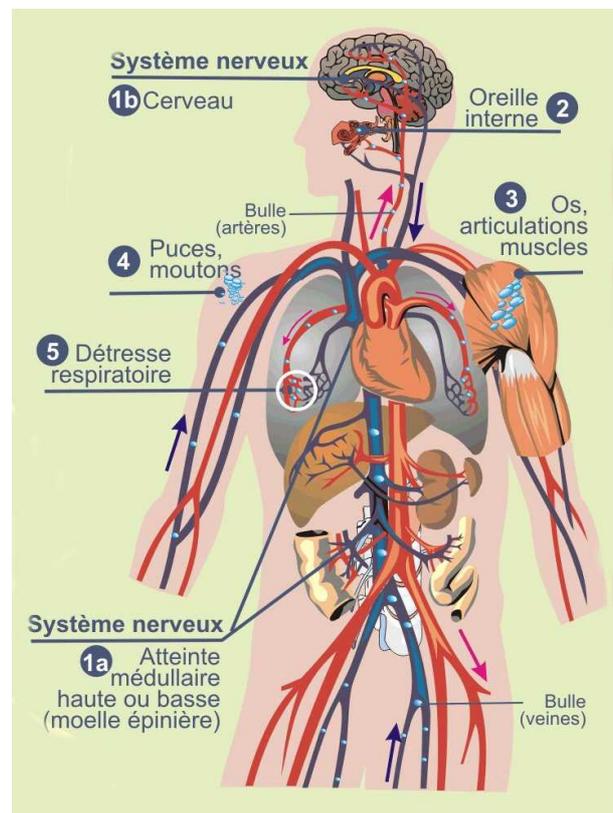
### IL Y A FORMATION DE BULLE DANS LES TISSUS



## TYPES D'ACCIDENTS

L'emplacement des bulles détermine le type d'accident.

Si celles-ci sont dans les muscles ou dans les articulations (3) l'accident est du type BENDS, si les bulles sont localisées dans les tissus nerveux (1a et 1b), l'accident est du type NEUROLOGIQUE etc.



## CAUSES



• Remontée trop rapide ou "en catastrophe"

- Absence ou non-respect des paliers de décompression

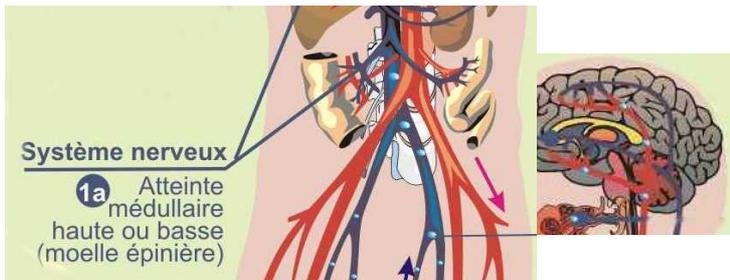


- Erreurs de calcul ou de manipulation des tables
- Paliers inadaptés au type de plongée (altitude)
- Accidents immérités ou incompréhensibles (facteurs favorisants)

## LES ATTEINTES NEUROLOGIQUES

68 %

CE SONT LES ACCIDENTS LES PLUS GRAVES  
CAR LES TISSUS LÉSÉS NE SE REFORMENT JAMAIS.



### SYMPTOMES

- Malaise général, fatigue et faiblesse intense, angoisse
- Douleurs dorsales (omoplates ou en ceinture)
- Fourmillements des extrémités
- Troubles respiratoires, troubles de la vue, de la parole, de l'équilibre
- Paralyse progressive, paraplégie, hémiparésie
- Paralyse brutale et totale, perte de connaissance

**C'EST UNE ATTEINTE TRÈS GRAVE  
QUI NÉCESSITÉ DES SOINS IMMÉDIATS  
ET UNE RECOMPRESSION  
DANS LES PLUS BREFS DELAIS.**

## LES ATTEINTES OSTEO-ARTICULAIRES (BENDS)

29 %

### SYMPTOMES

- Violente douleur ressentie comme un arrachement ou un broiement du membre

Cette douleur peut se situer à : l'épaule

le genou

le coude

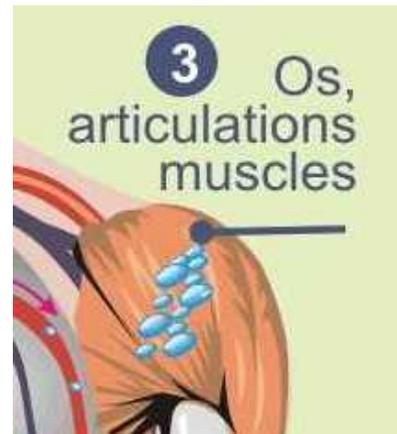
la hanche

le poignet

la cheville

parfois le tandem : épaule-coude

genoux-hanche



- La douleur est souvent localisée dans les membres qui ont été le plus sollicités en plongée ou à la surface (palmage).
- La douleur résiste à la plupart des antalgiques
- La mobilisation du membre atteint est très douloureuse

### TRAITEMENT

La douleur disparaît et une guérison sans séquelle est obtenue par la recompression avec inhalation d'oxygène pur.

Si l'accident n'est pas traité, il peut subsister, à la longue, d'importantes séquelles (né-crose osseuse).

## FORMES DIVERSES

3%

### PUCES ET MOUTONS



Ce sont des démangeaisons et des marbrures de la peau.

Ces types d'accident sont bénins mais peuvent annoncer d'autres symptômes plus graves.

Ces accidents sont très rares chez les plongeurs "mouillés".

### OREILLE INTERNE

C'est un type rare d'accident neurologique.

Les symptômes sont :



- surdité soudaine
- vertiges, pertes d'équilibre
- vomissements

Ce type d'accident méconnu guérit sans séquelle avec une oxygénation hyperbare et l'intervention d'un médecin O.R.L.



## PREVENTION DES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION

Ces accidents sont dus le plus souvent à l'ignorance ou à l'imprévoyance, ainsi qu'à des procédures de décompression mal adaptées.

Attention particulièrement à :

- **LA VITESSE DE REMONTÉE**
- Respect strict de la profondeur et des temps de paliers
- **MANIPULATIONS CORRECTES DES TABLES (SUCCESSIVES OU ALTITUDE)**
- Prévoir... (stock d'air, oxygène... etc.).
- Tenir compte des facteurs favorisants

## FACTEURS FAVORISANTS

- La fatigue (voyage)
- La méforme physique ou psychique (alcool, anxiété)
- Le froid
- L'effort, en plongée ou en surface (travail, courants)
- Le gaz carbonique CO<sub>2</sub> (essoufflement)
- L'hyperpression pulmonaire (Valsalva à la remontée)
- Efforts violents tout de suite après la plongée (escaliers)
- Transport en altitude immédiatement après la plongée (tables)
- Affections et maladies diverses (sang)



**QUE FAIRE EN CAS D'ACCIDENT DE DECOMPRESSION ?**

**C'EST UNE ATTEINTE TRÈS GRAVE QUI  
NÉCESSITE DES SOINS  
IMMÉDIATS ET UNE RECOMPRESSION DANS LES  
PLUS BREFS DÉLAIS.**

**SAUVETAGE**

**FAIRE RESPIRER DE L'OXYGENE PUR**

Transport le plus rapidement  
possible dans un centre hospitalier  
**équipé d'un caisson de recompression soit**

**GENEVE HUG**

par la **REGA 14 14**



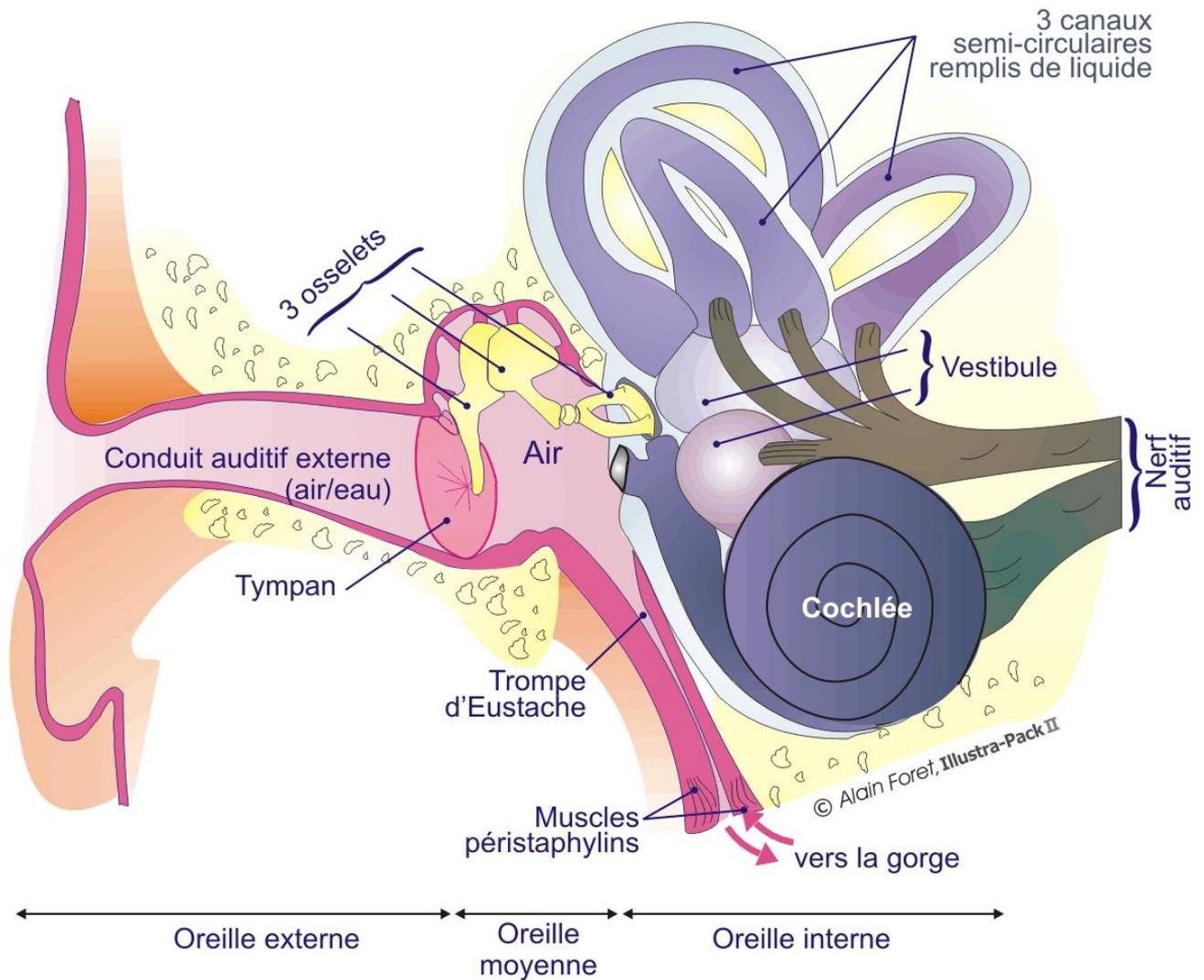
## LES BAROTRAUMATISMES

Ces accidents sont des atteintes aux parties de l'organisme qui sont remplies d'air (cavités gazeuses). C'est la différence de pression qui est à l'origine de ces accidents (le plongeur monte ou descend).

<b><u>A LA DESCENTE</u></b>	<b><u>CAUSES</u></b>	<b><u>EFFETS</u></b>
Oreille externe	Bouchon dans l'oreille	Problème tympan
Oreille moyenne	Trompe d'Eustache obturé	Problèmes tympan Problèmes osselets
Sinus	Orifice de communication obturé	Douleur Congestion Saignement
Dents	Carie, plombage défectueux	Douleur, implosion
Face	Placage du masque	Congestion, saignement

<b><u>A LA REMONTEE</u></b>	<b><u>CAUSES</u></b>	<b><u>EFFETS</u></b>
Oreille moyenne	Trompe d'Eustache peu perméable	Vertiges alternobariques
Sinus	Orifice obturé	Douleur aiguë, saignement
Dents	Carie, plombage défectueux	Douleur, explosion
Poumons	Blocage de l'expiration	Surpression pulmonaire
Estomac Intestin	Blocage des gaz	Barotraumatisme important

ANATOMIE DE L'OREILLE



## **BAROTRAUMATISME DE L'OREILLE**

### **CAUSES**

- Manœuvres d'équilibrage mal effectuées.
- Trompes d'Eustache obstruées (rhume).
- Obturation du conduit auditif externe.

### **CONSEQUENCES**

- Congestion du tympan.
- Infection de l'oreille moyenne.
- Rupture du tympan.
- Perte d'équilibre, vertiges.

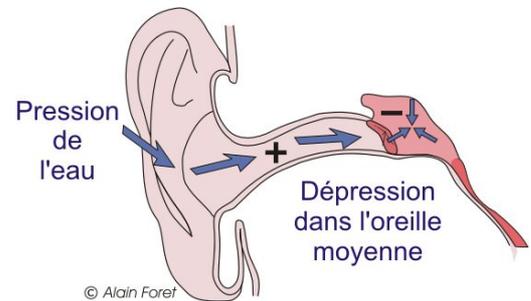
### **SYMPTOMES**

- Sensation de gêne.
- Douleurs de plus en plus forte.
- Impression de déséquilibre.
- Vertiges et nausées.

### **TRAITEMENT**

- Voir un médecin spécialiste ORL.
- Traitement de l'infection.

### **PREVENTION**



**NE JAMAIS FORCER UN TYMPAN**  
**NE PAS PLONGER AVEC UN RHUME**

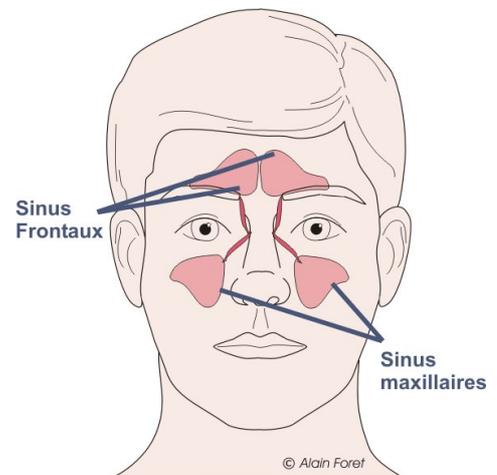
## **BAROTRAUMATISME DES SINUS**

### **CAUSES**

- Obturations des communications entre les sinus et les fosses nasales (sinusite, rhume, malformation).

### **CONSEQUENCES**

- Hypersécrétion.
- Etat congestif, œdème des muqueuses.
- Hémorragie, décollement des muqueuses.
- Infection.



### **SYMPTOMES**

- Douleur intense.
- Perte de connaissance.

### **TRAITEMENT**

- Voir un médecin ORL.

### **PREVENTION**

**NE JAMAIS FORCER**  
**NE PAS PLONGER AVEC UN RHUME**

## LA SURPRESSION PULMONAIRE

### CAUSES

Blocage de la respiration par :

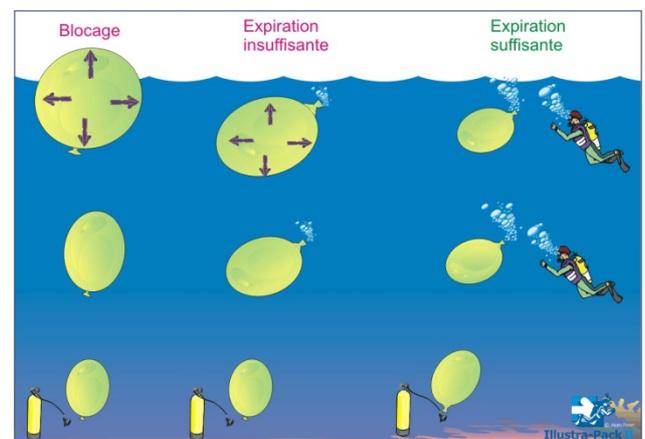
- Blocage volontaire de la glotte (panique).
- Blocage involontaire de la glotte (réflexe).
- Blocage pulmonaire (cicatrice, malformation).
- Valsalva à la remontée.
- Plongeur libre ayant pris de l'air sur un scaphandre.

### CONSEQUENCES

- Distension alvéolaire.
- Rupture alvéolaire.
- Emphysème (épanchement d'air).
- Pneumothorax (perforation des poumons).
- Embolie gazeuse.
- Accident de décompression.

### SYMPTOMES

- Pâleur, angoisse.
- Fatigue intense, perte de connaissance.
- Troubles respiratoires.
- Bave rosâtre sur les lèvres.
- Troubles de la parole, de la vue.
- Paralysie.



**TOUTE PERTE DE CONNAISSANCE A LA  
REMONTÉE OU TOUT DE SUITE APRES LA  
SORTIE DE L'EAU DOIT ETRE CONSIDEREE,  
A PRIORI, COMME UNE  
SUPPRESSION PULMONAIRE**



## **EMBOLIE GAZEUSE**

Même lors de très légères surpressions, alors que seulement quelques alvéoles sont lésées et que seule une ou quelques microbulles ont pénétrées dans la grande circulation, il peut y avoir accident.

Les symptômes seront alors similaires à ceux d'un accident de décompression soit de type neurologique mais le plus souvent de type BEND, selon l'endroit où se sont logées ces microbulles (épaules).

**C'EST UNE ATTEINTE TRÈS GRAVE QUI NÉCESSITE DES SOINS IMMÉDIATS ET UNE RECOMPRESSION DANS LES PLUS BREFS DÉLAIS.**

## **TRAITEMENT**

**Alerter les secours  
Assurer la respiration  
Oxygène pur au masque**

**Transport immédiat vers un  
centre de recompression**

**GENEVE HUG**

## **PREVENTION**

- Ne plonger qu'avec les poumons en "bon état"
- **Ne jamais bloquer sa respiration**
- Pas de Valsalva à la remontée
- Ne pas donner d'air à un plongeur en apnée



## OBJECTIFS DU TROISIÈME COURS THÉORIQUE

A la fin de cette troisième partie théorique le plongeur saura :

- Citer les conditions d'utilisation de la table Bühlmann.
- Manipuler correctement et calculer, à l'aide de la table Bühlmann,
  - des plongées simples au niveau de la mer et en altitude
  - des plongées successives au niveau de la mer et en altitude.
- Planifier les temps d'attente pour un vol ou le passage d'un col.
- Calculer la consommation d'air.



## POURQUOI LES TABLES DE DECOMPRESSION ?

Sous l'eau, nous savons qu'il faut respirer de l'air à une pression égale à la pression ambiante (détendeur). Nous savons aussi que le sang est en contact avec cet air sous pression par l'intermédiaire des poumons (alvéoles).

Enfin, nous savons que plus la pression est grande, plus la quantité d'azote dissoute sera grande aussi (loi de Henry).

**DONC :**

**A LA DESCENTE ET PENDANT LA  
PLONGEE, DE L'AZOTE VA SE  
DISSOUDRE DANS NOTRE CORPS.**

**A LA REMONTEE, CET AZOTE  
DISSOUS VA VOULOIR RESSORTIR  
DE NOTRE CORPS**

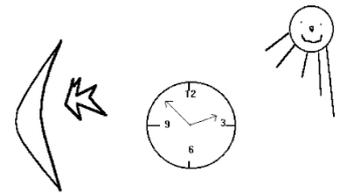
Si la saturation du corps humain ne pose aucun problème (plongées sportives), la désaturation elle, doit obéir à des règles strictes, établies par la physiologie humaine. Le non-respect de ces règles de désaturation entraîne un **accident de décompression**.

Les tables de plongée nous donnent les procédures de remontée qui respectent la physiologie du corps humain.

## DEFINITIONS

Altitude : Nous disposons de 2 tables de plongée : la première pour des plongées entre 0 et 700 m/sm et la seconde pour des plongées entre 701 et 2500 m/sm.

Heure de départ : C'est à partir de cet instant que tout commence... Le temps commence à compter dès que le plongeur quitte la surface.



Temps de plongée : C'est le temps (en minutes) qui s'écoule à partir du moment où le plongeur quitte la surface jusqu'à ce que la remontée à 10 m/min commence. Arrondir à la **minute supérieure**.

Profondeur : C'est la profondeur la plus importante qui a été atteinte au cours de la plongée, même si l'on n'y reste que quelques minutes. Arrondir à la **profondeur supérieure**

Vitesse de remontée : Une vitesse de remontée de **10 m/min**. doit impérativement être respectée.

Si le plongeur remonte plus lentement, procédure de **Remontée lente**.

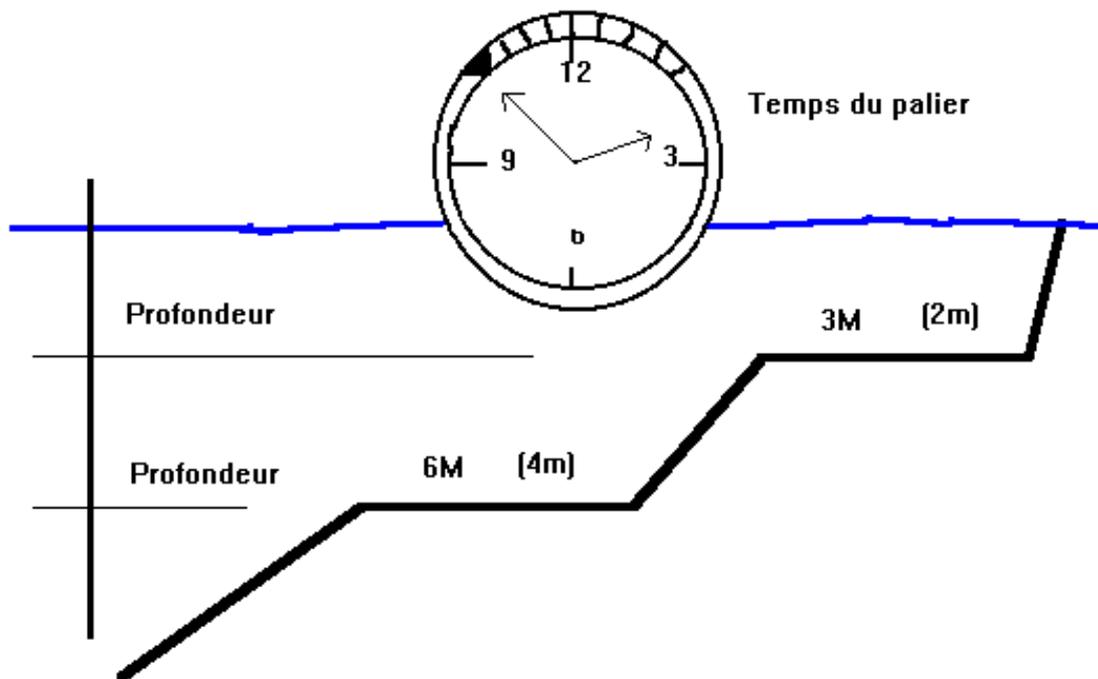
Si le plongeur remonte plus vite, procédure de **Remontée d'urgence**.

Temps de remontée : Il se calcule en minute, sur une base de 10m/min, à partir de la profondeur que l'on quitte jusqu'à la profondeur du 1er palier. Arrondir à la **minute supérieure**.

Paliers de deco. : C'est le temps qu'il faut passer à une profondeur prescrite afin de réduire la tension d'azote "dissous" dans l'organisme. Ils dépendent de la profondeur et de la durée de la plongée.

La profondeur des paliers a été fixée, pour des raisons pratiques, de **3m en 3m**. (3m, 6m, 9m, etc.) jusqu'à une altitude 700 m/sm. Depuis une altitude de 701 m/sm le palier de 3m a été divisé en 2 paliers, à 2m et 4m. (2m, 4m, 6m, 9m etc.).

Le temps de remontée jusqu'au prochain palier est inclus dans le temps du palier à effectuer (prochain).





## LA COURBE DE SECURITE (0-700M)

C'est le temps maximum pendant lequel l'on peut séjourner à la profondeur considérée, puis remonter à la surface sans observer de paliers de décompression.

Pendant ce temps, l'organisme ne peut pas "dissoudre" assez d'azote pour nous obliger à effectuer un palier de décompression, et le seul respect de la vitesse de remontée suffit (**10m/min.**).

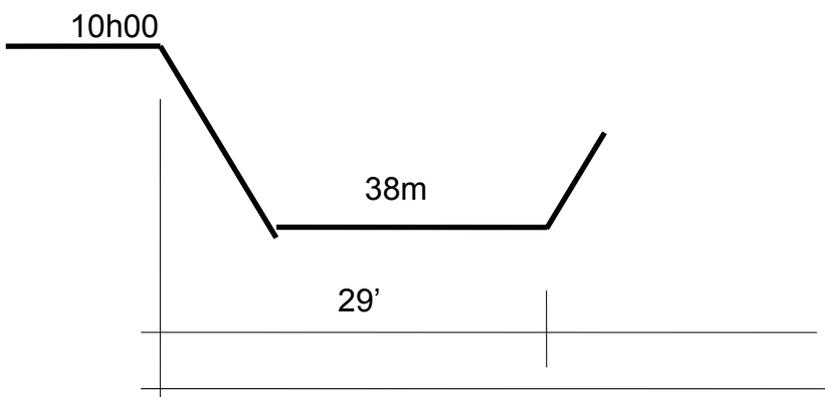
Dans la pratique :

- on observera toujours un palier de principe de **1' à 3m**.
- (1' à 2m en altitude)
- la vitesse de remontée (**10m/min.**) doit être respectée

## PLONGEE SIMPLE

Calculer les paliers et l'heure de sortie de la plongée suivante.

ALT. 429m s/m





### CALCUL DE CONSOMMATION D'AIR

Calculer la consommation de la plongée précédente.

Base : 20 l/min.

Pour la consommation lors de la remontée, prendre la profondeur depuis laquelle l'on remonte.

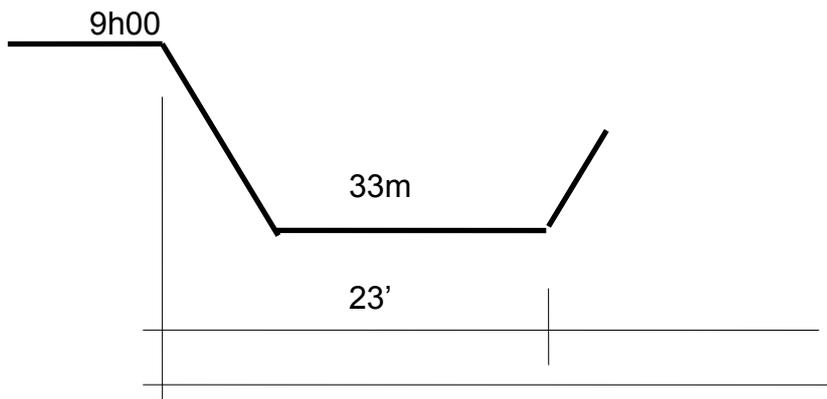
<u>Lieu</u>	<u>P.abs.</u>	<u>Temps</u>	<u>Lts.</u>	
Au fond	20 *	bar *	min. =	Lts
Remontée	20 *	" *	" =	"
Palier	20 *	" *	" =	"
Palier	20 *	" *	" =	"
Palier	20 *	" *	" =	"
			TOTAL =	Lts
prévoir				
+ 10 % de sécurité			=	"
			<u>TOTAL =</u>	<u>"</u>



## PLONGEE SIMPLE EN ALTITUDE

Calculer les paliers et l'heure de sortie de la plongée suivante.

ALT. 1'800m s/m



## PASSAGE D'UN COL / VOL APRES LA PLONGEE

Après combien de temps peut-on prendre un avion de ligne ?

Après avoir effectué la plongée précédente combien de temps fait-il attendre avant de franchir un col à 3'500m d'altitude ?



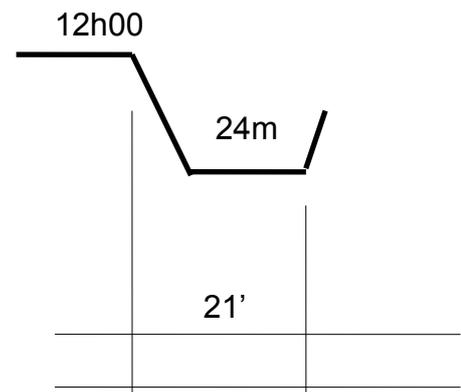
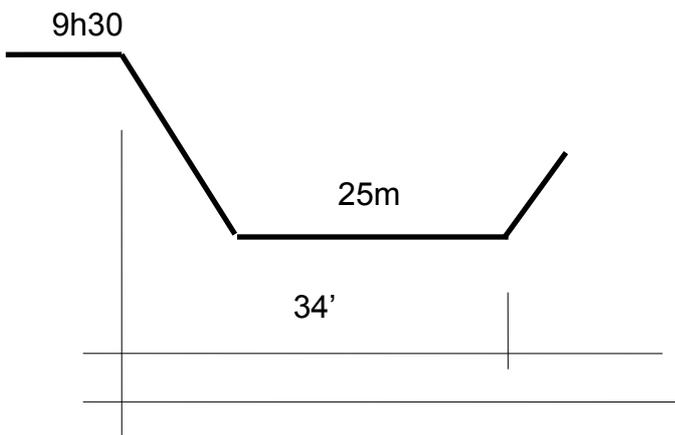
## PLONGEE SUCCESSIVE

LES TABLES NOUS PERMETTENT DE RESSORTIR DE L'EAU SANS ACCIDENTS. MAIS NOTRE CORPS N'EST PAS DESATURE COMPLETEMENT POUR AUTANT.

IL CONTIENT ENCORE DE L'AZOTE, QUI METTRA ENCORE PLUSIEURS HEURES AVANT DE S'ELIMINER COMPLETEMENT.

SI L'ON VEUT PLONGER PENDANT CE LAPS DE TEMPS IL FAUT TENIR COMPTE DE L'AZOTE RESTANT DANS LE CORPS POUR LA SECONDE PLONGEE.

Calculer les paliers, et les heures de sortie, des plongées en mer suivantes.

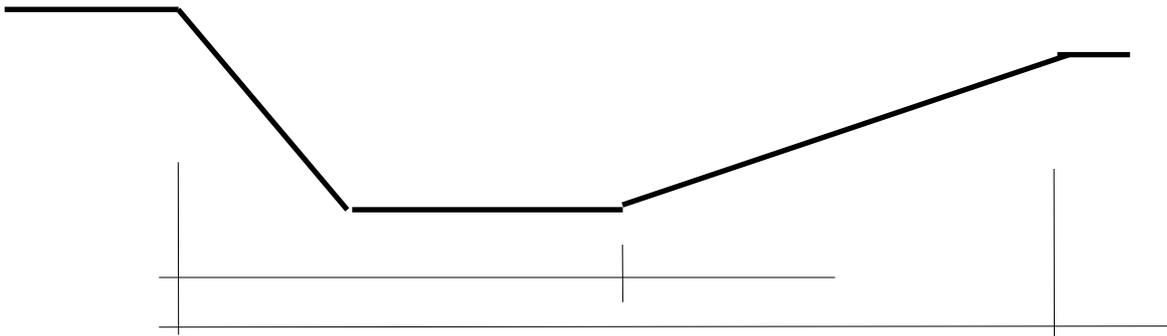


## VITESSE DE REMONTÉE NON RESPECTEE

Nous le savons déjà, la vitesse de remontée est le premier acte de « désaturation ». Si cette vitesse n'est pas respectée, le calcul donné par les tables n'est plus juste : il est faussé par un temps de séjour sous l'eau différent de ce qu'il aurait dû être.

### VITESSE TROP LENTE

Si la vitesse de remontée est **plus lente que 10m/min**, le temps de plongée se compte jusqu'à l'arrivée au premier palier ou jusqu'à ce que la vitesse de 10m/min. soit atteinte.



### VITESSE TROP RAPIDE

Si la vitesse de remontée est **plus rapide que 10m/min**, il faut adopter la procédure suivante : Si aucuns symptômes d'accident de décompression et air OK :

**En moins de 3 minutes : redescendre à la moitié de la profondeur, y rester 5 minutes**

Puis exécuter les paliers de décompression en tenant compte de la **profondeur maximum** et du **temps total écoulé** jusqu'à la fin des 5 minutes.

Décrivez la suite de la plongée en mer suivante.  
Remontée rapide après 20' de plongée.

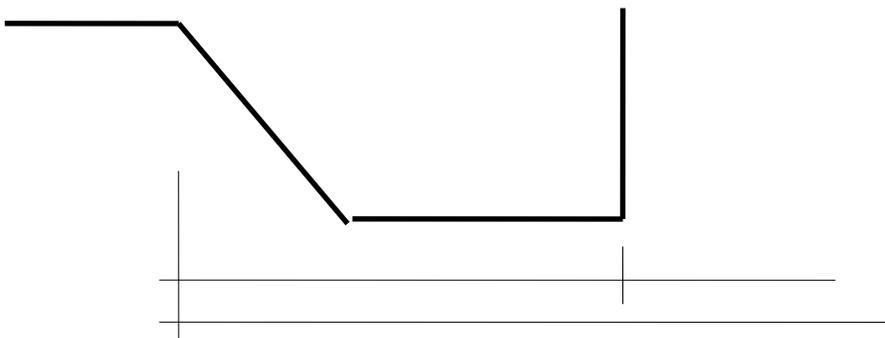




TABLE BÜHLMANN

Nullzeiten und Dekompressionszeiten  
 Courbe de sécurité et temps de décompression

**0-700** müM  
 m s/mer

Tiefe Prof. m	Zeit Durée min mn	Stufen Paliers				RG GR	Tiefe Prof. m	Zeit Durée min mn	Stufen Paliers					RG GR
		12 m	9 m	6 m	3 m				15 m	12 m	9 m	6 m	3 m	
<b>12</b>	125				1	G	<b>39</b>	10					1	D
	140				5	H		15					4	E
	150				8	H		20					7	F
<b>15</b>	75				1	G	25			2		3	G	
	80				3	G	30			3		4	G	
	90				7	G	35			5		9	G	
	100				12	G	40		2	6		15	H	
	110				17	H								
<b>18</b>	51				1	F	<b>42</b>	9					1	D
	60				5	F		12					4	D
	70				11	F		15					5	F
	80				18	G		18					6	F
	90				24	H		21			2		4	F
<b>21</b>	35				1	E	<b>45</b>	12					3	E
	40				2	E		15					5	E
	50				8	E		18			2		4	F
	60			3	16	F		21			3		5	F
	70				25	G		24			4		6	G
<b>24</b>	25				1	E	<b>48</b>	9					3	E
	30				2	E		12					5	F
	35				4	F		15					6	F
	40				8	F		18			3		4	F
	50				17	F		21			4		6	F
<b>27</b>	20				1	E	<b>51</b>	9					4	E
	30				5	F		12					6	F
	35				10	F		15			2		4	F
	40				13	G		18			4		5	F
	45			2	18	G		21			4		7	G
<b>30</b>	45			2	3	G	<b>54</b>	9					1	E
	50			6	6	G		12					4	F
	55			8	8	G		15			2		5	F
	60			10	10	H		18			4		10	F
					30	H		21			4		13	F
<b>33</b>	17				1	D	<b>57</b>	9					2	E
	20				2	D		12					4	F
	25				5	E		15			1		5	F
	30				7	F		18			4		7	F
	35				11	F		21			4		9	G
<b>36</b>	12				1	D	<b>60</b>	9					4	F
	15				3	D		12					5	F
	20				5	E		15			2		9	F
	25				9	F		18			4		14	F
	30			2	15	F		21			5		22	G

↑ Palier de sécurité: 1 mn à 3 m  
 ↑ Remontée: 10 m/mn  
 ↑ Sécuritéshalt: 1 min bei 3 m  
 ↑ Aufstieg: 10 m/min

© A. A. Bühlmann, Universität Zürich CH 1986



TABLE BÜHLMANN

Nullzeiten und Dekompressionszeiten  
 Courbe de sécurité et temps de décompression

**701-2500** müM  
 m s/mer

Tiefe Prof. m	Zeit Durée min mn	Stufen Paliers				RG GR	Tiefe Prof. m	Zeit Durée min mn	Stufen Paliers					RG GR
		9 m	6 m	4 m	2 m				12 m	9 m	6 m	4 m	2 m	
<b>9</b>	<b>238</b>				<b>1</b>	<b>G</b>		<b>9</b>					<b>1</b>	<b>D</b>
<b>12</b>	<b>99</b>				<b>1</b>	<b>G</b>	<b>39</b>	<b>12</b>					<b>3</b>	<b>E</b>
	<b>110</b>				<b>4</b>	<b>G</b>		<b>15</b>					<b>4</b>	<b>E</b>
	<b>120</b>				<b>8</b>	<b>G</b>		<b>18</b>				<b>2</b>	<b>2</b>	<b>F</b>
<b>15</b>	<b>62</b>				<b>1</b>	<b>F</b>	<b>21</b>			<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>E</b>
	<b>70</b>				<b>4</b>	<b>G</b>	<b>24</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>G</b>	
	<b>80</b>				<b>10</b>	<b>G</b>	<b>27</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>G</b>	
<b>18</b>	<b>90</b>				<b>15</b>	<b>G</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>G</b>	
	<b>44</b>				<b>1</b>	<b>F</b>	<b>42</b>	<b>8</b>				<b>1</b>	<b>1</b>	<b>D</b>
	<b>50</b>				<b>4</b>	<b>F</b>		<b>12</b>				<b>3</b>	<b>4</b>	<b>E</b>
<b>60</b>				<b>11</b>	<b>F</b>	<b>15</b>				<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>F</b>	
<b>21</b>	<b>70</b>				<b>19</b>	<b>G</b>	<b>18</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>F</b>	
	<b>80</b>			<b>4</b>	<b>23</b>	<b>H</b>	<b>21</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>F</b>	
	<b>90</b>			<b>8</b>	<b>25</b>	<b>H</b>	<b>24</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>G</b>	
<b>24</b>	<b>30</b>				<b>1</b>	<b>E</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>G</b>	
	<b>35</b>				<b>2</b>	<b>F</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>G</b>	
	<b>40</b>				<b>5</b>	<b>F</b>	<b>45</b>	<b>9</b>				<b>3</b>	<b>3</b>	<b>D</b>
<b>45</b>				<b>9</b>	<b>F</b>	<b>12</b>					<b>3</b>	<b>3</b>	<b>E</b>	
<b>50</b>			<b>1</b>	<b>13</b>	<b>G</b>	<b>15</b>				<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>F</b>	
<b>27</b>	<b>55</b>			<b>3</b>	<b>17</b>	<b>G</b>	<b>18</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>F</b>	
	<b>60</b>			<b>5</b>	<b>20</b>	<b>G</b>	<b>21</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>F</b>	
	<b>65</b>			<b>8</b>	<b>22</b>	<b>G</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>G</b>	
<b>30</b>	<b>70</b>			<b>11</b>	<b>23</b>	<b>G</b>	<b>48</b>	<b>9</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>E</b>
	<b>22</b>				<b>3</b>	<b>F</b>		<b>12</b>			<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>F</b>
	<b>30</b>				<b>7</b>	<b>F</b>		<b>15</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>F</b>
<b>33</b>	<b>35</b>			<b>2</b>	<b>11</b>	<b>G</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>G</b>	
	<b>40</b>			<b>4</b>	<b>16</b>	<b>G</b>	<b>21</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>G</b>	
	<b>45</b>			<b>7</b>	<b>19</b>	<b>G</b>	<b>51</b>	<b>6</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>E</b>
<b>55</b>		<b>1</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>G</b>	<b>9</b>				<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>F</b>	
						<b>12</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>F</b>	
<b>36</b>							<b>15</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>G</b>	
							<b>18</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>G</b>	
							<b>21</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>G</b>	
<b>39</b>							<b>54</b>	<b>6</b>			<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>D</b>
								<b>9</b>			<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>F</b>
								<b>12</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>F</b>
<b>42</b>							<b>15</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>F</b>	
							<b>18</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>G</b>	
							<b>21</b>							

Palier de sécurité: 1 mn à 2 m  
 Remontée: 10 m/mn  
 Sécuritéshalt: 1 min bei 2 m  
 Aufstieg: 10 m/min

© A. A. Bühlmann, Université de CH-Zürich 1986

# TABLE BÜHLMANN

## Wiederholungstauchgänge 0-2500 müM Plongées successives de 0-2500 m s/mer

**0-2500** müM  
m s/mer

Oberflächenpause Intervalle de surface										"0"	✈	
RG nach Ende des Tauchganges GR à la fin de la plongée										A	2	2
										B	20	2
										C	10	25
										D	10	15
										E	10	15
										F	20	30
										G	25	45
H	50	65	95	130	180	240	340	12	5			
H	G	F	E	D	C	B	A	Std/h	Std/h			

RG am Ende der Oberflächenpause  
GR à la fin de l'intervalle de surface

**Beispiel:** Wiederholungsgruppe RG F nach Ende des Tauchganges  
- nach 45 Minuten ist RG C, nach 90 Minuten A erreicht (Zwischenwerte abrunden)  
- nach 8 Stunden kann ohne Zeitzuschlag getaucht werden  
- 4 Stunden Wartezeit bis Flug

**Exemple:** Groupe répétitif GR F à la fin de la plongée  
- après 45 minutes F devient C, après 90 minutes F devient A (prendre pour les valeurs intermédiaires celle immédiatement inférieure)  
- après 8 heures on peut replonger sans ajouter de majoration  
- temps d'attente avant l'envol: 4 heures

Zeitzuschläge für Wiederholungstauchgänge Majorations aux plongées successives																	
(Zwischenwerte abrunden) (prendre pour les valeurs intermédiaires celle immédiatement inférieure)																	
RG GR	Vorgesehene Tauchtiefe in Meter Profondeur en mètres de la plongée envisagée																
	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
A	25	19	16	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	5	5	5
B	37	25	20	17	15	13	12	11	10	9	8	7	7	6	5	5	5
C	55	37	29	25	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6	6
D	81	57	41	33	28	24	21	19	17	15	14	13	11	10	9	7	8
E	105	82	59	44	37	30	26	23	21	19	17	16	14	13	12	11	10
F	130	111	88	68	53	42	35	30	27	24	21	19	17	16	15	14	13
G	154	137	115	91	72	57	47	40	35	31	27	25	23	21	20	19	18

**Beispiel:** RG C zu Beginn des Wiederholungstauchganges. Vorgesehene Tiefe 27 Meter = 18 Minuten  
Zeitzuschlag zur Grundzeit des Tauchganges

**Exemple:** GR C au départ de la plongée successive. Profondeur envisagée 27 mètres = 18 minutes  
de majoration à rajouter au temps de séjour au fond

Passfahrten und Fliegen ohne Druckkabine Le passage d'un col et vol sans cabine pressurisée					
(Zwischenwerte der Höhe aufrunden/prendre pour les valeurs intermédiaires d'altitude celle immédiatement supérieure)					
Höhe (m) altitude (m)	RG am ENDE des Tauchganges GR à la FIN de la plongée				
	A-D	E	F	G	H
2500	1:00	1:00	1:00	1:00	2:00
3000	1:00	1:00	1:00	1:30	3:30
3500	1:00	1:00	1:30	3:30	5:30
4000	1:00	1:30	3:00	5:00	7:00

**Anmerkungen:**

- Kein zusätzlicher Aufstieg innerhalb der ersten Stunde des Intervalls nach dem TG!
- Nach Ablauf dieser ersten Stunde: **gleichmässiger** Aufstieg zur Zielhöhe.
- Zielhöhe darf **nicht vor** angegebener Wartezeit erreicht werden.

**Remarques:**

- Pas de remontée pendant la première heure de l'intervalle après la plongée!
- Après cette première heure: commencer une montée **régulière**.
- L'altitude envisagée **ne doit pas être atteinte avant** le temps d'attente indiqué.

Alle Wartezeiten in Std:Min/Tous les temps d'attente en hrs:min  
© B. A. Müller/ZH 1988



## EXERCICE

Plongée :

Niveau de la mer, départ 1ère plongée à 10h30, plongée dans la courbe, Pmax = 29 m, intervalle de surface 1h09', Pmax, de la 2e plongée - 20 m.

Recherche :

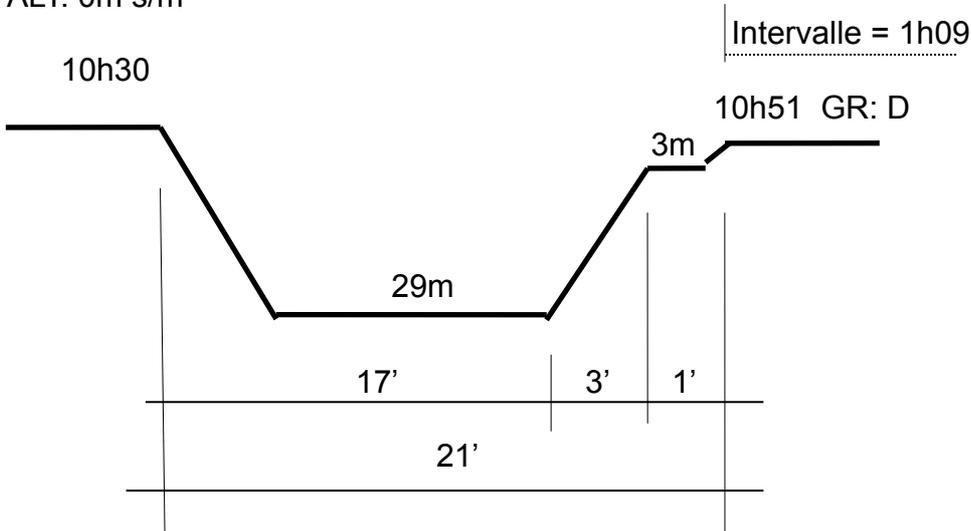
Profil de la plongée, durée du séjour au fond à 20 m pour arriver à la limite de la courbe de sécurité, puis-je rentrer chez moi à 14h00 avec un avion de ligne ?



**CORRIGÉ DE L'EXERCICE**

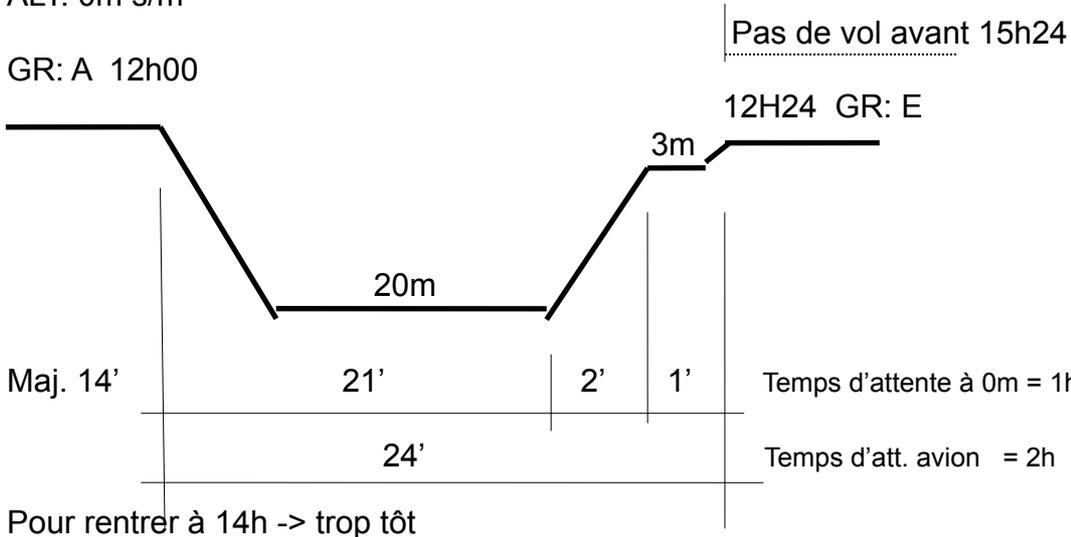
**1<sup>ère</sup> plongée**

ALT. 0m s/m



**2<sup>ème</sup> plongée**

ALT. 0m s/m





## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES ORDINATEURS DE PLONGÉE

En fait, l'ordinateur de plongée n'est rien d'autre qu'un « calculateur de table » en temps réel.

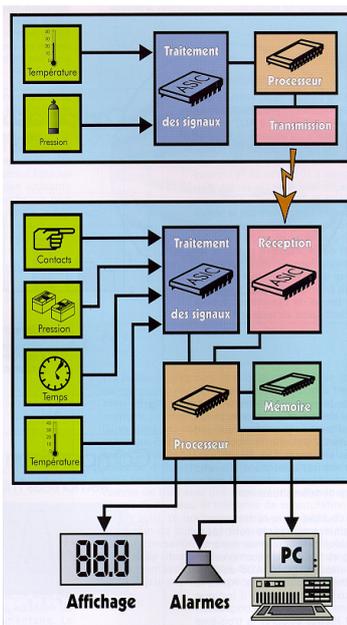
Il utilise les mêmes modèles que ceux qui sont utilisés pour le calcul d'une table de plongée.

Un ordinateur de plongée moderne doit être capable de prendre en compte tous les paramètres de la plongée et les intégrer dans son calcul.

La différence essentielle est que l'ordinateur **CALCUL EFFECTIVEMENT LA PLONGEE QUI EST EN TRAIN DE SE FAIRE**, suivant absolument les évolutions du plongeur alors qu'une table de plongée propose des valeurs standards qui ne peuvent pas être interprétées.

Assemblé avec des composants électroniques de haute précision, protégés par un boîtier robuste et absolument étanche, doté de capteurs précis et alimenté par une batterie de longue durée, l'ordinateur de plongée est prêt à accompagner le plongeur et à l'assister dans sa plongée.

Dialogue imaginaire :



Extrait d'un article sur les ordinateurs de plongée écrit par Daniel Deflorin, APNEA 94.

- Eh oh, toi le profondimètre, on en est où ?
- Je mesure 22,3 m actuellement avec une profondeur maxi atteinte de 26,7 m.
- OK. Et toi l'horloge, ça donne quoi ?
- 7 mn de plongée, chef.
- OK. Compartiment 1, tu en es où ?
- J'affiche full, complètement saturé.
- OK, je note. Compartiment 2 ?
- Ça baigne ici. J'ai dissous la moitié de ce qu'il me restait à dissoudre, je souffle un peu, j'attaque la seconde moitié de ce qu'il me reste à dissoudre avant de ...
- Ouais, ouais, bon ça va, j'ai pas besoin d'un roman. Compartiment 3 ?
- 5 sur 5. J'ai de la marge.
- OK. Compartiment 4 ?
- Ici pas grand chose, juste un peu d'azote déjà dissous.

Et tout ceci se déroule à une vitesse infernale et pour les 6, 9 ou 12 compartiments pris en compte par l'appareil. Le cerveau puise alors dans sa base de données fournies par l'U.S. Navy, le prof. Bühlmann ou autre.

Il analyse, compare toutes les informations fournies par ses sbires et calcule l'état de saturation théorique du plongeur.

- Eh l'écran
- Présent, chef
- Tu indiques 17 mn au plongeur avant qu'il ne doive faire un palier.
- Bien reçu.
- Chef ! Chef
- Le profondimètre ? Qu'est ce qui se passe encore ?
- Il vient de redescendre à 42 m !
- Sapristi! Mais qu'est-ce qu'il fout ? Appel à tous, appel à tous, communiquer bilan azote immédiat ! Qu'est ce qui se passe si on remonte maintenant à 10 m/min. ?
- No 1 OK.
- No 2 Pas de problème.



- No 3 Pour moi, ça coince, je risque d'atteindre mon coefficient de sursaturation critique.
- Ici No 4 pour moi idem, c'est même presque sur.
- Bon. Toi l'écran tu lui indiques 2mn. de palier à 6m. et une remontée totale de 14 min. Ça lui apprendra.
- OK chef, je transmets.
- Cerveau, ici profondimètre. Fausse alerte. Notre plongeur remonte.
- C'est pas prévu normalement ce genre de fantaisie. Bon, on va essayer de lui calculer quelque chose. Allez, on refait un bilan azote, profondeur actuelle 32 m.

Quelques fractions de seconde plus tard...

- De cerveau à écran, tu ne lui affiches plus que 6 mn à 3 m.
- Reçu.
- Cheeef !!
- Quoi encore ?
- Il remonte trop vite, à 22,3 m/min.
- Mais qu'est-ce qu'il nous fait bon D... ! Déclenchement immédiat des alarmes sonore et visuelle !
- C'est fait chef.
- J'essaye de nouveau de calculer quelque chose.
- Ça y est chef, il ralentit.
- Bon, toi l'écran tu lui indiques... heu... 3 mn à 6 m et 9 mn à 3 m. Tant pis pour lui.
- Alarme rouge ! Il ne s'arrête pas au palier
- Mais c'est pas vrai, il le fait exprès ou quoi ? Bon ben moi je lui donne 3mn pour faire quelque chose de raisonnable sinon je bloque mes calculs.
- De cerveau à tous les compartiments, ça donne quoi pour vous ?
- Ici compartiment 6. Probabilité d'accident maximale.
- Sacrebleu, ça devait arriver. Pas de panique.
- De cerveau à écran, tu lui affiches remontée trop rapide, compartiment 6 lésé, profondeur maxi atteinte, etc. Moi je bloque tout pour 48 h. Et toi la mémoire, t'as tout enregistré ?
- Sûr chef. J'ai noté tout son profil de plongée minute par minute. Si on me branche sur un PC, je "cafte" tout. Pas question pour lui de nous faire le coup de l'accident immérité. Il ne l'aura pas volé ! Enfin, j'espère qu'il ne lui arrivera rien de grave.

D.Deflorin 94





## OBJECTIFS DU QUATRIÈME COURS THÉORIQUE

A la fin de cette quatrième partie théorique le plongeur saura :

- Reconnaître les divers accidents dus aux gaz que respire le plongeur.
- Énoncer quelques notions sur la plongée en apnée.
- Identifier les incidents dus à l'environnement.
- Énoncer les mesures de prévention de ces accidents.
- Appliquer les mesures de premier secours



## LES ATTEINTES BIOCHIMIQUES

### AZOTE

Outre l'accident de décompression, l'azote  $N_2$  est aussi responsable d'un phénomène appelé « IVRESSE DES PROFONDEURS » ou « NARCOSE A L'AZOTE ».

Ce phénomène intervient dès 30 - 40m de profondeur et peut gêner considérablement le plongeur.

### LA NARCOSE A L'AZOTE

Les troubles sont mis en évidence dès 1835. Paul Bert signale aussi ces effets lors de ses expériences.

Ce n'est cependant qu'à partir de 1935 que Behnke trouvera véritablement les raisons de ces troubles : la Pp de l'azote. Les symptômes sont les suivants : pour une Pp de  $N_2$  de :

#### Symptômes

- 2-4 bar -> diminution des capacités dans l'exécution de tâches et légère euphorie
- 4 bar -> altération des capacités de raisonnement et de la mémoire immédiate. Réactions retardées aux divers stimuli visuels, auditifs. Difficultés de choisir une option.
- 4-6 bar -> hilarité, idées fixes, confiance excessive en soi, détérioration des tests arithmétiques
- 6 bar -> somnolence, hallucination, altération des facultés de jugement
- 6-8 bar -> instabilité, « hystérie »
- 8 bar -> détérioration marquée des capacités intellectuelles
- 8-10 bar -> confusion mentale
- 10 bar -> troubles de la mémoire, hyperexcitabilité, euphorie, hallucinations, repli sur soi, perte de conscience.



## **TRAITEMENT**

La seule manière de supprimer les effets de la narcose, c'est de diminuer la Pp du gaz respiré.

## **PREVENTION**

Bien sûr, ne pas respirer ces gaz à une Pp trop forte.

**Donc, attention à la profondeur en plongée.**

Il est possible de résumer l'apparition du phénomène de la manière suivante :

- Jusqu'à 30m. pas de problèmes.
- Dès 40m. le plongeur est de plus en plus narcosé.
- La limite de la plongée à l'air comprimé est à 60m.

## **FACTEURS FAVORISANTS**

Une mauvaise condition physique comme psychologique et des facteurs émotionnels semblent être des éléments aggravants.

## **ADAPTATION**

Il semble qu'un plongeur entraîné et expérimenté présente une plus grande résistance à la narcose.

### **En suisse**

La LAA (Loi sur l'Assurance Accident) déclare qu'une plongée en dessous de 40m. est une « entreprise téméraire ».



## **OXYGENE**

Gaz indispensable à la vie, l'oxygène peut devenir toxique s'il est respiré à des profondeurs trop importantes. De plus, sa mise en œuvre exige des précautions particulières. Cela fait aussi l'objet de formations spécialisées (NITROX etc.).

### **LES EFFETS NEUROTOXIQUES DE L'OXYGENE**

Si l'organisme est soumis à une PpO<sub>2</sub> supérieure à 0,21 bar, (21% d'oxygène en pression atmosphérique), il aura quelques réactions.

### **NEUROTOXICITE**

C'est en 1898 que Paul Bert démontra que l'oxygène respiré sous certaines pressions était toxique pour l'organisme et pouvait provoquer des symptômes rappelant une crise épileptique (Effet Paul Bert).

### **SYMPTOMES**

#### **SIGNES D'ALARME**

Ils ne sont pas obligatoirement présents ou alors sont très difficiles à reconnaître dans l'eau.

- Malaise général, nausée.
- Crispations des lèvres, des muscles du visage.
- Crampes musculaires etc.

Ces effets durent quelques minutes puis tout rentre dans l'ordre, jusqu'au renouvellement des symptômes.

### **LA CRISE HYPEROXIQUE**

Cette crise est très semblable à une crise épileptique.

Très spectaculaire, la grande crise hyperoxique en elle-même n'est pas dangereuse et semble ne laisser aucune lésions.

**DANS L'EAU, CETTE CRISE PROVOQUERA CERTAINEMENT LA NOYADE, UNE SURPRESSION PULMONAIRE, AINSI QUE DES TRAUMATISMES DIVERS.**

SI LA RESPIRATION HYPEROXIQUE NE CESSE PAS, LES CRISES SE SUCCEDENT A INTERVALLES DE PLUS EN PLUS COURT ET L'ACCIDENTE PEUT MOURIR D'EPUISEMENT.

### **TRAITEMENT ET PREVENTION**

Il n'y a pas de traitement possible de la crise hyperoxique.

La prévention consiste à ne jamais dépasser les Pp maximum admissibles (1,4 – 1,6 bar).



## LES EFFETS PNEUMOTOXIQUES DE L'OXYGENE

Lorrain-Smith découvrit que l'oxygène respiré sous faible pression mais pendant un temps très long provoquait une irritation pulmonaire (effet Lorrain-Smith).

Le plongeur autonome respirant de l'air comprimée ne reste pas assez longtemps sous O<sub>2</sub> pour ressentir de tels effets.

Aucune manifestation clinique n'apparaît en dessous d'une Pp de 0,5b soit 50% d'O<sub>2</sub> pur à pression atmosphérique

**L'oxygène utilisé pour les premiers secours ne peut pas créer de dangers toxiques, il est au contraire très bénéfique et doit être administré rapidement.**

## ANOXIE

Si la pression partielle d'oxygène descend en-dessous de 0,16 bar, (16% à la pression atmosphérique) le plongeur risque la syncope anoxique.

L'homme s'adapte rapidement à des baisses de Pp allant jusqu'à 0,155 bar c'est-à-dire la Pp qu'il règne environ à 2'500m d'altitude.

La perte de conscience survient vers 0,12 - 0,10 bar.



## **INTOXICATION AU CO<sub>2</sub> (GAZ CARBONIQUE)**

Le CO<sub>2</sub> est produit par le métabolisme humain. Plus l'effort musculaire est grand, plus la production de CO<sub>2</sub> est grande. En principe, l'organisme réagit en accélérant le rythme respiratoire et la circulation sanguine.

Si la réponse ventilatoire n'est pas suffisante pour éliminer le CO<sub>2</sub> en trop, c'est l'essoufflement qui commence. Avec lui commence aussi l'intoxication au CO<sub>2</sub> ou HYPERCAPNIE.

Le CO<sub>2</sub> est aussi un gaz favorisant les autres accidents.

### **SYMPTOMES D'UNE INTOXICATION AU CO<sub>2</sub>**

- Essoufflement.
- Violant mal de tête, vomissements.

En plongée, ces symptômes peuvent être masqués et la perte de connaissance brutale peut survenir.

Le plongeur victime d'un essoufflement doit immédiatement arrêter la plongée, remonter normalement et sortir de l'eau.

Le retour à l'air libre provoque presque toujours de violents maux de têtes et des vomissements.

La perte de connaissance est rare.

### **TRAITEMENT**

Arrêt de l'effort, expiration forcée.

Inhalation d'oxygène pur.

### **PREVENTION**

Contrôle de l'activité physique en plongée.

Attention en particulier aux efforts violents (palmage, courant etc.) pendant la plongée.

## **INTOXICATION AU CO**

Le CO ou monoxyde de carbone se trouve à l'air libre. C'est, par exemple, le résidu de la combustion d'essence dans un moteur (gaz d'échappements).

Si les bouteilles de plongée sont remplies sans précautions, l'air peut contenir du CO.

Même en quantité minime, ce produit est très dangereux car il se combine avec l'hémoglobine, au détriment de la liaison avec l'oxygène : le corps ne peut plus être approvisionné correctement en oxygène.

De violents maux de tête, un état comateux sont les symptômes de cette intoxication grave qui nécessite un séjour dans un établissement hospitalier.



## LA PLONGÉE EN APNÉE

Grâce aux exploits de Roland Specker (-80m lac), Umberto Pelizzari (-150m mer) et quelques autres athlètes d'exception, tout le monde sait que le Grand Bleu, ce n'est pas qu'un film...

Pouvant être pratiquée partout, nécessitant peu de matériel, l'apnée est aussi devenue une « manière de vivre la mer », un état d'esprit.

Nombreux sont les plongeurs que sont intéressés par cette espèce de « retour aux sources »

## LES ACCIDENTS QUI PEUVENT SURVENIR

- TOUS LES BAROTRAUMATISMES SAUF LA SURPRESSION PULMONAIRE
- LA SYNCOPE ANOXIQUE (voir les dangers de l'hyperventilation)

## PRÉVENTION DES ACCIDENTS EN APNÉE

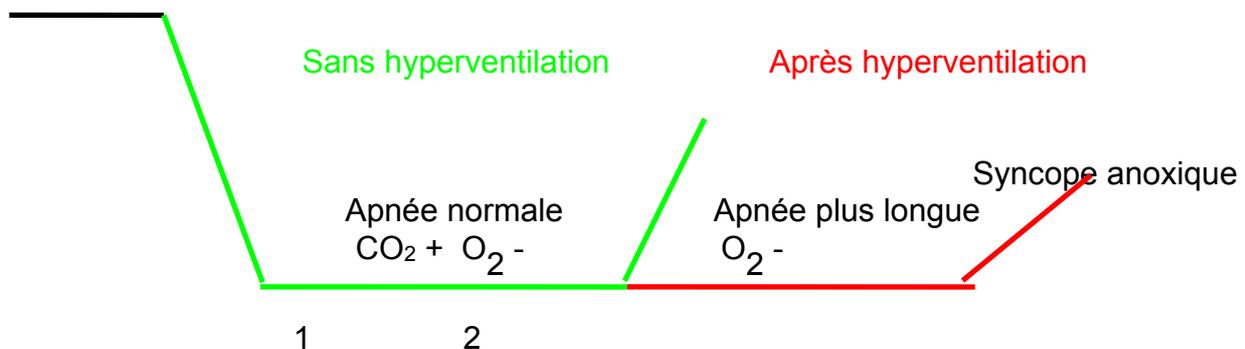
La règle de base qui dit que l'on ne plonge jamais seul est ici la RÈGLE D'OR.  
Que ce soit pour chasser ou pour s'entraîner à l'apnée profonde, il est indispensable d'avoir un partenaire de même niveau qui pourra intervenir en cas de « pépin ».

## LES DANGERS DE L'HYPERVENTILATION

L'hyperventilation c'est le fait d'expirer profondément, plusieurs fois de suite. Cette « manœuvre » a pour résultat de faire descendre la quantité de  $\text{CO}_2$  dans le sang, non pas d'augmenter la quantité d'oxygène.

Or, nous savons que c'est le surplus de  $\text{CO}_2$  dans le sang qui déclenche le réflexe inspiratoire (et pas la diminution de l'oxygène).

Suite à une hyperventilation, l'apnéiste a donc « faussé » les paramètres dont dispose le corps humain pour assurer sa régulation respiratoire. L'apnée peut ainsi durer plus longtemps. Mais...



### SANS HYPERVENTILATION

Au bout d'un certain temps, (1) le taux de  $\text{CO}_2$  augmente et oblige le plongeur à retourner respirer

### AVEC HYPERVENTILATION

Comme le plongeur est parti avec moins de  $\text{CO}_2$ , le réflexe se déclenche plus tard (2).

Mais pendant ce temps en plus, le plongeur consomme de l'oxygène et, au moment où le  $\text{CO}_2$  déclenche l'envie de respirer, le plongeur remonte. La  $\text{Pp}$  d'oxygène diminue alors brutalement et peut descendre en dessous de la limite tolérée par l'organisme.

Le plongeur tombe en syncope anoxique et risque la noyade par aspiration d'eau.



## LES DANGERS DU MILIEU

Le milieu dans lequel nous nous immergeons à ses propres lois. Le froid et la turbidité des eaux du lac, le courant des rivières, les animaux vivants dans la mer etc.

Les particularités des divers milieux de plongées sont détaillées dans le cinquième chapitre.

## LA NOYADE

Les voies respiratoires sont envahies par du liquide. La respiration est impossible ce qui provoque une anoxie cérébrale. L'accidenté perd rapidement connaissance.

## LA NOYADE EN PLONGÉE

La noyade d'un plongeur est souvent la « conséquence » d'un autre incident et se complique généralement d'un accident de décompression.

Le « résultat » n'est pas tout à fait le même si la noyade se produit en eau douce ou en eau salée. Outre le fait que le « surfactant pulmonaire » est détruit, les conséquences suivantes sont à craindre :

### EAU DOUCE

L'eau qui se trouve dans les poumons est MOINS « salée » que le sang -> elle va passer au travers de la paroi alvéolaire et pénétrer ainsi dans le corps humain, occasionnant ainsi pas mal de dégâts :

- dilution et augmentation du volume sanguin
- destruction des globules rouges
- etc.

L'eau chlorée d'une piscine n'arrange pas les choses, au contraire.

### EAU DE MER

L'eau qui se trouve dans les poumons est PLUS « salée » que le sang -> c'est donc une partie du plasma qui va passer au travers de la paroi alvéolaire et envahir les alvéoles pulmonaires provoquant :

- œdème pulmonaire
- concentration sanguine
- chute de tension artérielle
- etc.

## TRAITEMENT DE LA NOYADE

Les chances de survie dépendent de la rapidité avec laquelle les premiers secours sont prodigués.

- **SAUVETAGE**
- **Chaîne de secours. RESPIRATION D'OXYGENE PUR.**
- **Ne pas laisser repartir la personne réanimée mais la mettre 24 heures en observation, éventuellement à l'hôpital.**



## LE FROID

C'est un ennemi insidieux. Dans nos lacs, en dessous de 30m, la température de l'eau varie peu et se situe aux alentours de 4-5°C.

Dans l'eau, la perte de chaleur peut être jusqu'à 25 fois plus importante que dans l'air.

**Même protégé par une bonne combinaison, le plongeur se refroidira.**

En été, lorsque le plongeur remonte, il retrouvera de l'eau à une température agréable et, si son séjour dans la « couche froide » n'était pas trop long, il ne souffrira pas du froid.

**En hiver, l'eau à la même température de « haut en bas » : 4-5°C.**

Ainsi, si la plongée dure plus de 30 minutes les premiers symptômes de l'hypothermie peuvent apparaître :

- FRISSONS
- mains et pieds douloureux
- crampes musculaires aux jambes
- tremblements caractéristiques

Bref, on a envie de sortir de l'eau. Et c'est exactement ce qu'il faut faire avant que le froid ne gagne encore du terrain.

Si le corps continue à se refroidir, le plongeur ressentira un engourdissement progressif des membres, de la difficulté à respirer. La consommation d'air augmente et le risque d'essoufflement est grand. De violents maux de tête consécutifs à un début d'hypercapnie (intoxication au CO<sub>2</sub>) peuvent être ressentis.

Dans les cas graves, une syncope peut survenir.

## PREVENTION

- Avoir une bonne combinaison, avec cagoule si l'eau a moins de 20°C.
- Sortir de l'eau aux premiers signes de froid
- Plonger seulement si l'on est en pleine forme

Attention aussi au phénomène de **l'hydrocution** : ne jamais sauter dans l'eau, même en été, après une longue exposition au soleil.

## LES ANIMAUX VIVANT DANS LA MER

### LES OURSINS

L'animal le plus dangereux pour le plongeur est sans aucun doute... l'OURSIN. Cet animal primitif se trouve dans toutes les mers du monde. Posé sur le fond de la mer, il peut aussi s'agripper le long de n'importe quelle paroi rocheuse et on le trouve à toutes les profondeurs.

De taille variable selon les espèces il est entouré par des épines, sortes d'aiguilles pointues et ma foi assez solides.

Aucune partie du corps du plongeur n'est totalement protégée et les piquants sont parfaitement capables de transpercer la combinaison du plongeur pour aller se fichent dans la peau. Bien sûr, les endroits non protégés, mains ou chevilles, sont particulièrement exposés dans les mers tropicales.

Une fois dans la peau du plongeur, ces petits piquants sont quasiment impossibles à extraire. La douleur ressentie est fonction de la quantité de piquants de la sensibilité du plongeur.

La plupart de ces épines disparaîtront d'elle-même en quelques jours. Un léger risque d'infection existe et les épines profondément enfouies sous la peau pourront provoquer de petit « kystes » persistant très longtemps, s'accompagnant de douleurs aux articulations du voisinage.

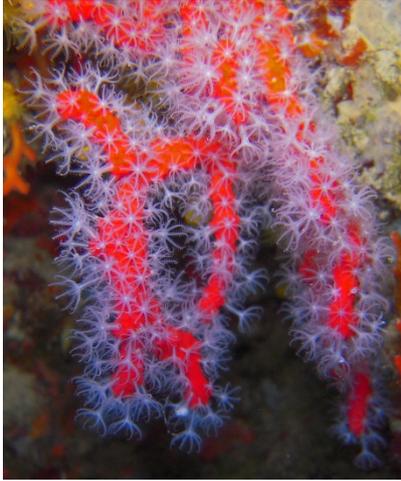
La guérison complète peut durer plusieurs mois.



Oursin de méditerranée, Escampobariou, 2007.

## CORAUX, ANEMONES DE MER ET MEDUSES

### LE CORAIL

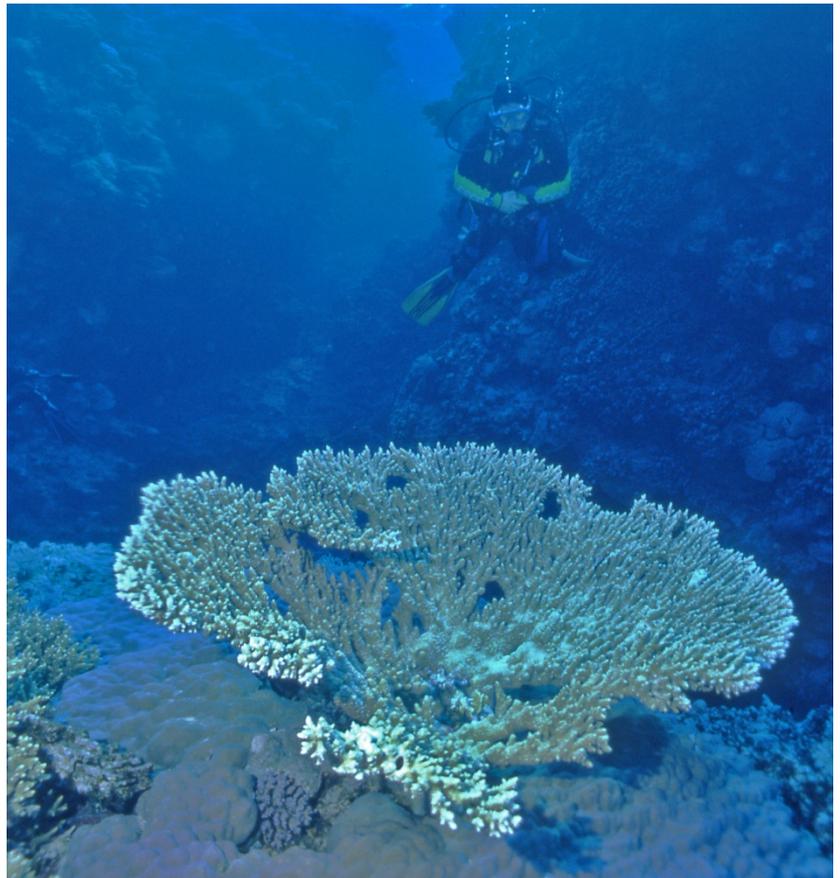


Corail rouge, Portofino, 2009

Le corail de Méditerranée n'est pas dangereux pour le plongeur. Sauf peut être par rapport à la profondeur à laquelle on le trouve...

Mais il est de toute façon interdit de le ramasser.

C'est dans les mers tropicales qu'il faudra particulièrement se méfier de ce que l'on touche. Les écorchures que provoque le corail sont presque toujours douloureuses, légèrement prurigineuses et enflammées. Si la plaie est importante et mal soignée, une infection peut se déclarer.



Corail de feu, Mer rouge, 2004

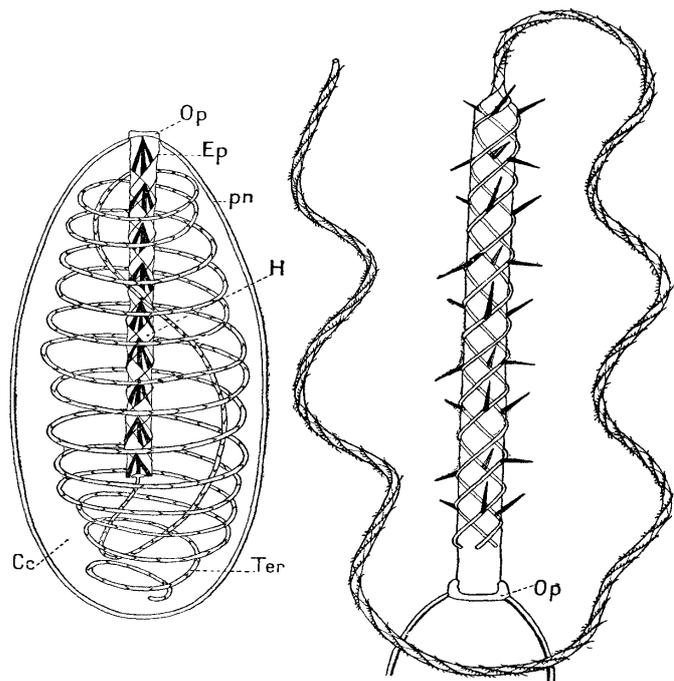
## ANEMONES ET MEDUSES

Rarement dangereuses en Méditerranée, ces deux animaux peuvent provoquer bien des désagréments au plongeur qui est entré en contact avec des espèces tropicales. En général, plus l'on est sous les tropiques et plus le venin est puissant. Attention au choc anaphylactique.



Ces formes animales, pourtant au bas de l'échelle, possèdent l'une des cellules les plus complexe qui existe, la **cellule urticante**. Ces animaux font partie de l'embranchement des *cni-daires*.

Cette cellule, le nématocyste, est un récipient contenant du venin (Cc). Dans ce récipient, baignant dans le venin, une sorte de fouet (H) est enroulé. Sitôt qu'il est touché, un déclencheur, (Ep) situé au sommet de la cellule libère le fouet empoisonné sur l'être qui a touché l'animal pourvu de cette cellule.



## LES POISSONS

En principe, aucun poisson n'attaque l'homme. Mordre un plongeur est une réaction de défense, rarement une attaque. Attention donc où l'on met les mains... Si les doigts sont trop près de l'entrée du trou dans lequel se cache le poisson, celui-ci va « réagir » à « l'agression »...

### RASCASSES / PTEROIS / POISSON PIERRE



Armés de nombreuses épines, ces poissons peuvent représenter un danger en eaux tropicales où le venin est plus fort

que celui des poissons des côtes méditerranéennes. La région touchée devient livide. La douleur, violente, irradie dans tout le membre touché. Dans les cas graves, le plongeur peut être victime d'un état de choc.

### VIVES

Attention où l'on met les pieds. L'épine dorsale de ce poisson est très dure et très venimeuse. La vive, cachée sous le sable, n'attaque jamais. Par contre le baigneur peut lui marcher dessus. Une violente douleur et une réaction au venin caractérisent ce genre de piqûre.



### RAIES



Il n'y a rien à craindre des raies. Ces animaux n'attaquent jamais le plongeur. Malgré sa taille impressionnante, qui peut dépasser les quatre mètres d'envergure, la raie manta fuira rapidement devant le plongeur trop agité. Quant au dard des pastenagues, il faudrait d'abord leur marcher dessus ou vouloir les attraper pour en pâtir. Seule une certaine espèce « électrique » pourra éventuellement représenter un danger pour le plongeur, si celui-ci touche le poisson.

### MURENES

Dotée d'une puissante denture de carnassier, la murène n'attaque jamais mais peut mordre la main qui s'aventure trop près de son trou. La morsure peut s'infecter. La murène n'est pas dangereuse en eau libre.



### CONGRES

Lui, c'est le contraire de la murène : c'est en eau libre qu'il peut bousculer le plongeur. Cet animal impressionnant n'attaquera jamais le plongeur.



### BARACUDA

Chasseur diurne, le barracuda n'attaque jamais le plongeur. Il est effrayé par le bruit et fuit souvent devant un plongeur. S'il décidait de « mordre » la jambe d'un baigneur, la plaie serait importante vu l'impressionnante dentition qu'il possède.



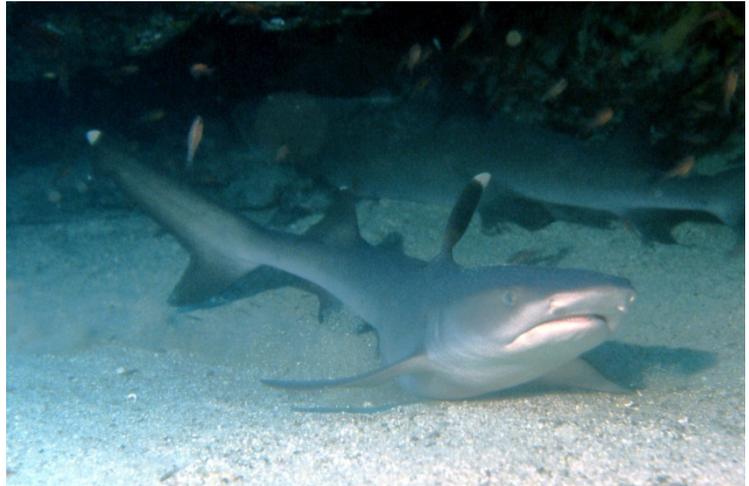
### LE POULPE

Animal « intelligent », le poulpe est sans danger pour l'homme. Attention cependant car le poulpe lui, a huit tentacules... souvent c'est trop pour un seul homme. Un gros poulpe serait capable de retenir un plongeur. Que dire alors des monstres de plus de deux mètres d'envergures que l'on trouve dans le Nord des Etats Unis ? La morsure du petit poulpe « bleu » d'Australie peut être mortelle. Cependant pour se faire mordre par un poulpe, il faut vraiment le faire exprès...

## REQUINS

Il y a plus de 350 espèces... Rare sont ceux qui attaquent le plongeur. Cependant, il est bien connu que le requin peut être un mangeur d'hommes. Les requins vivant près des récifs sont toujours bien nourris et ne posent pas de problèmes. Par contre la rencontre en pleine eau, au large, d'un requin pélagique risque fort de tourner au désavantage du plongeur.

Un requin, même beaucoup plus gros qu'un homme, (le plus gros requin blanc pêché mesurait 7 mètres et a été capturé à 2 milles au large de... MALTE, en Méditerranée) peut encore être repoussé avec succès mais une bande de petits requins, 2-3m, attaquant tous en même temps mettent le plongeur dans une situation difficile pour ne pas dire plus...



## COMPORTEMENT A ADOPTER

Lors de chaque plongée, le plongeur doit « ressentir » le milieu. Si l'on plonge dans des eaux à requin, il convient d'observer le comportement de ceux-ci : une nage calme et souple prouve que tout est calme. Une nage rapide, saccadée, des poissons passant dans tous les sens est le signe d'une grande nervosité dont le plongeur est rarement la cause. Cependant il ne devrait pas se trouver là et la prudence la plus élémentaire dicte le comportement à adopter : sortir de l'eau.

Le plongeur sortira aussi immédiatement de l'eau si un grand requin pélagique, peau bleue, longimanus, requin tigre ou grand blanc nage dans les parages...





## PREVENIR LES ACCIDENTS

**« UN BON PLONGEUR N'EST PAS CELUI QUI SAIT SE SORTIR DE N'IMPORTE QUELLE SITUATION DÉLICATE MAIS BIEN PLUTÔT UN PLONGEUR QUI SAIT NE PAS SE METTRE DANS CETTE SITUATION »**

Après cette formation le plongeur P\*\* peut plonger d'une manière autonome dans le cadre d'une organisation ou simplement accompagné d'un camarade de même niveau. C'est à lui d'organiser ses plongées et de prévoir toutes les mesures nécessaires à sa propre sécurité.

## PROFONDEUR MAXIMALE

Des plongées jusqu'à -25 à -30m ne posent pas de problèmes particuliers au plongeur breveté deux étoiles CMAS.CH

Après une vingtaine de plongée à ces profondeurs, le plongeur pourra descendre gentiment jusqu'à un

**MAXIMUM DE - 40M.**

**EN AUCUN CAS LE PLONGEUR P\*\* NE DEPASSERA CETTE PROFONDEUR CAR ALORS IL DEPASSERAIT LES LIMITES DE SA COMPETENCE.**



## **RÉSUMÉ DES RÈGLES DE SÉCURITÉ**

- 1. NE PLONGE JAMAIS SEUL !**
- 2. SURVEILLE CONSTAMMENT TON PARTENAIRE DE PLONGEE**
- 3. NE PLONGE QUE SI TU TE SENS BIEN, JAMAIS APRES AVOIR BU DE L'ALCOOL, EN CAS DE RHUME, D'ÉPUISEMENT OU DE STRESS.**
- 4. NE PLONGE JAMAIS AVEC L'ESTOMAC NI VIDE NI TROP PLEIN. APRES UN REPAS COPIeux, FAIS UNE PAUSE DE DEUX HEURES.**
- 5. CONTROLE TON EQUIPEMENT AVANT CHAQUE PLONGEE, DE MEME QUE CELUI DE TON PARTENAIRE. VERIFIE QU'IL SOIT COMPLET ET EN PARFAIT ETAT DE FONCTIONNEMENT.**
- 6. NE TE LAISSE PAS ALLER A LA TEMERITE PAR DES AMBITIONS MAL PLACEES OU POUR EPATER TES CAMARADES.**
- 7. APRES DIX PLONGEES EFFECTUEES, TU POURRAS AUGMENTER TA LIMITE DE PROFONDEUR DE UN A CINQ METRES MAXIMUM.**
- 8. NE FAIS JAMAIS D'HYPERVENTILATION AVANT DE PLONGER EN APNEE. LA DEVISE : NE PLONGE JAMAIS SEUL S'APPLIQUE AUSSI A CETTE DISCIPLINE.**
- 9. TOUS LES UNE A DEUX ANS, FAIS CONTROLER TON APTITUDE A LA PLONGEE PAR TON MEDECIN.**
- 10. RESPECTE L'ENVIRONNEMENT: LES PLONGEURS NE SORTENT RIEN DE L'EAU ET NE CHASSENT QU'AVEC UNE CAMERA.**

## MESURES À PRENDRE LORS D'ACCIDENT DE PLONGÉE

**1ère priorité :** Situation de danger mortel.

Généralement, il y a danger de mort si le système cérébral, la circulation sanguine ou que le système respiratoire sont fortement perturbés.

**2ème priorité :** Surpression pulmonaire, maladies de décompression.

Un traitement rapide augmente les chances de succès et un traitement inutile ne présente aucun risque.

Lorsque le danger de mort est écarté et que l'on suppose qu'il peut s'agir d'une maladie de décompression, la traiter immédiatement et correctement.

**3ème priorité :** Barotraumatismes.

Ce diagnostic doit pouvoir être établi par tout plongeur, étant lui-même exposé aux pressions lors de chaque plongée et ayant étudié les symptômes lors de sa formation.

**4ème priorité :** Toutes les autres situations.

Dans la plus part des cas, un traitement symptomatique et le transfert chez le médecin peut s'effectuer tranquillement.

## QUE FAIRE EN CAS D'ACCIDENT



- 1) Appel des secours professionnels
- 2) Réanimation cardio-pulmonaire / Oxygène
- 3) Défibrillation précoce
- 4) Soins avancés (pro)  
Evacuation HUG caisson

## ACCIDENT À L'ÉTRANGER



Sous le nom de DAN, Diver Alert Network, existe une organisation qui garanti une assistance au plongeur accidenté, n'importe où dans le monde

**En cas d'urgence à l'étranger** cette organisation peut être contactée et des spécialistes prendront en charge l'organisation du traitement et de l'évacuation du plongeur accidenté. Depuis l'étranger c'est au numéro Europe-Italie +39 06 4211 5685).

Pour tous renseignements en Suisse, **en dehors des urgences**, inscription à DAN, questions concernant la médecine de la plongée etc. il faut prendre contact avec l'antenne de DAN Europe Suisse, Dr Jürg Wendling, tél. 032 322 38 23, fax 032 322 38 39.

[https://www.daneurope.org/fra/francais\\_.htm](https://www.daneurope.org/fra/francais_.htm)





## OBJECTIF DU CINQUIÈME COURS THÉORIQUE

A la fin de cette cinquième partie théorique le plongeur saura :

- Décrire le principe de fonctionnement d'un détendeur.
- Citer les principales inscriptions figurants sur une bouteille de plongée.
- Citer les particularités de la plongée en lac, de nuit, en mer, en altitude et en rivière.
- Planifier et exécuter une plongée en lac ou dans les milieux cités ci-dessus.

## LES PRINCIPALES COMPOSANTES D'UN EQUIPEMENT DE PLONGEUR



Chaque pièce de l'équipement du plongeur répond à un besoin bien défini.

### LE MASQUE

Dans l'eau, l'œil humain ne peut pas avoir une vision nette.

Il est nécessaire de laisser un espace d'air devant les yeux.

C'est ce que réalise le masque.

Cependant, cet espace d'air supplémentaire sera soumis aux effets de la pression et devra être équilibré sous l'eau.

C'est pour cette raison que le nez est situé à l'intérieur du masque. Ainsi, lors de la descente, le plongeur peut équilibrer la pression, en expirant par le nez.

### LES PALMES

Le plongeur doit pouvoir se déplacer facilement, parcourir de longues distances, lutter contre un courant, tout ceci en gardant si possible les mains libres et en se fatiguant le moins possible. Les palmes offrent toutes ces possibilités.

C'est la largeur et la rigidité de la voilure qui constituent les plus importantes caractéristiques d'une palme.

Dans certains cas, l'on peut envisager le port d'un fixe-palme.



### LA COMBINAISON DE PLONGEE



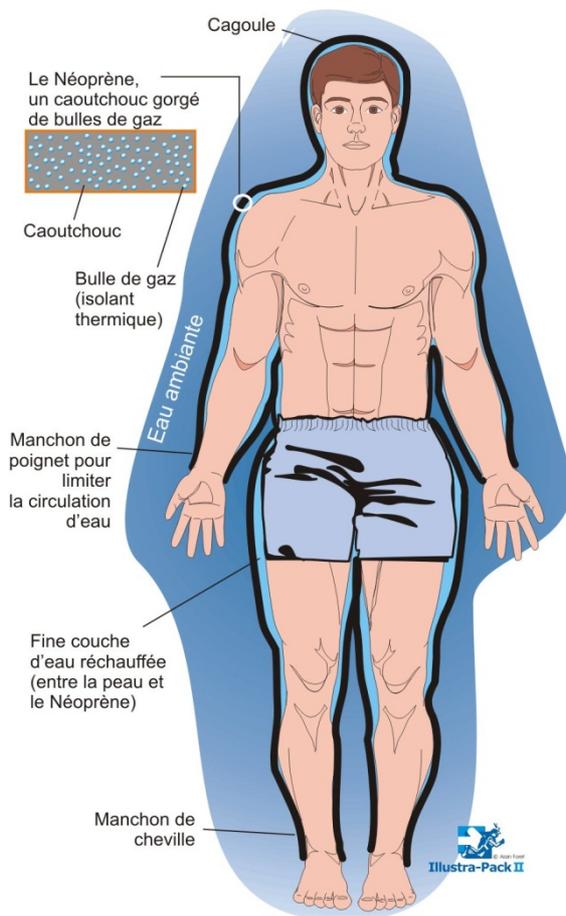
La combinaison « humide » est le modèle le plus courant chez les plongeurs sportifs.

Son rôle principal est de protéger le plongeur contre le froid, éventuellement des blessures.

La combinaison est fabriquée avec du néoprène, matière souple, élastique, et isolante.

C'est un dérivé du caoutchouc, rempli de petites bulles d'air, et qui est généralement recouvert de Nylon ou de lycra. L'on trouve de nombreux modèles, en une ou deux pièces et de divers coloris.

## PROTECTION CONTRE LE FROID



Le rôle de la combinaison est de protéger le plongeur contre le froid.

Une fine pellicule d'eau est emprisonnée entre la peau du plongeur et la combinaison (2). Le plongeur réchauffe cette eau et la combinaison l'empêche de partir.

Dans les eaux très froides, il faudra compléter l'équipement avec des gants et des chaussons

Le fait de revêtir une combinaison augmente la flottabilité du plongeur.

Pour compenser, il devra se munir d'une **Ceinture de plomb**, d'un poids variable suivant son vêtement.

Son unique rôle est de compenser la flottabilité qu'apporte la combinaison.

L'on prendra soin de choisir une boucle à ouverture rapide, permettant un largage instantané de la ceinture.

De plus, l'épaisseur du néoprène diminue considérablement avec la profondeur, ce qui diminue l'isolation et provoque une **augmentation du poids apparent**.

## LE GILET

C'est un élément de sécurité et de confort tellement important que l'on ne peut tout simplement plus s'en passer. C'est un sac en toile caoutchouté ou en matière synthétique que l'on peut gonfler ou vider à volonté.

Le fait de le gonfler fait augmenter le volume du plongeur, qui augmente ainsi la poussée d'Archimède qu'il reçoit lui procurant une plus grande flottabilité, ce qui le rend plus léger.

Inversement, le fait de le vider diminue son volume et donc aussi la flottabilité du plongeur qui devient ainsi plus lourd.



## LE COMPRESSEUR

Grâce au compresseur, nous allons pouvoir "gonfler" nos bouteilles de plongée jusqu'à 200 bar et disposer ainsi d'une réserve d'air nous permettant un séjour sous l'eau.

## PRECAUTIONS

- Orientation de la prise d'air par rapport à l'échappement
- Contrôle du niveau d'huile
- Purger à intervalles réguliers

## LES INSTRUMENTS

### MONTRE DE PLONGÉE

Il est indispensable que le plongeur se munisse d'une bonne montre, car il n'est pas possible, sous l'eau, d'évaluer le temps qui passe. Le plongeur doit savoir, à la minute près, depuis combien de temps il est sous l'eau.

Ce paramètre est nécessaire pour "entrer" dans les tables de décompression.

### LE PROFONDIMÈTRE

Comme son nom l'indique, cet instrument, aussi appelé « bathymètre » indique au plongeur à quelle profondeur il se trouve.

C'est le deuxième paramètre indispensable pour entrer dans les tables de décompression, donc pour contrôler la plongée.

### INSTRUMENTS ELECTRONIQUES.

Il existe sur le marché un nombre croissant d'instruments électroniques divers.

L'on trouve aujourd'hui des « timer », chronomètre digital, mis en marche automatiquement dès qu'ils sont immergés. Ces instruments ont un « capteur de pression » et donnent au plongeur de nombreuses informations.

### LES ORDINATEURS DE PLONGEE

Cependant, la mesure du temps et de la profondeur de plongée n'a pour but que de fournir les paramètres permettant d'entrer dans les "tables". Pourquoi dès lors, ne pas concevoir un instrument intégrant directement ces paramètres à un calculateur chargé de calculer la saturation du plongeur et de lui fournir toutes les indications utiles à une bonne désaturation ?

Ces appareils sont très facile d'emploi et donnent de nombreuses indications sur la plongée, la saturation du plongeur, la vitesse de remontée etc. libérant le plongeur des calculs et manipulations d'une table de plongée.



### LE MANOMÈTRE IMMERGEABLE

Il est indispensable de connaître à tous instants la quantité d'air encore disponible. C'est le rôle du manomètre immergeable. Le mécanisme de « réserve » monté sur la robinetterie des scaphandres est de moins en moins utilisé. La dernière génération d'ordinateurs de plongée peut aussi gérer « l'air ».



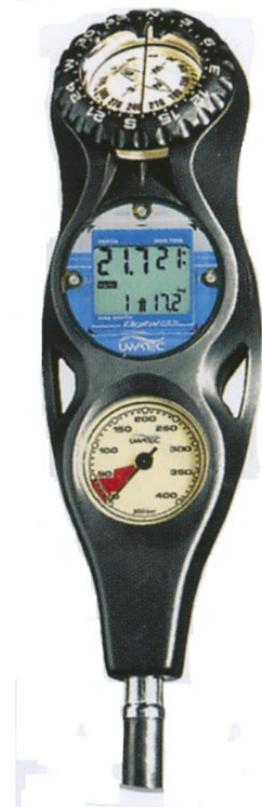
### LE COMPAS

Utile pour indiquer un cap, il permet au plongeur de nager dans une direction donnée.

### LA CONSOLE

C'est la réunion de tous les instruments, manomètre - profonds - mètres – boussole sur un seul support.

Ainsi, d'un seul regard, le plongeur a accès à l'ensemble des instruments qui permettent de contrôler une plongée.



## LE DÉTENDEUR

C'est l'appareil qui détend l'air, de la pression des bouteilles (200 bar) à la pression ambiante (profondeur)

### DÉTENDEUR À 2 ÉTAGES



C'est aujourd'hui le type de détendeur le plus utilisé. Il est composé d'un premier étage, qui se fixe sur la bouteille et d'un deuxième étage, comportant un embout que le plongeur tient dans sa bouche.

Ces 2 étages sont eux par un tuyau pression.

De nombreuses proposent des produits fiables. Attendez à ne pas acheter les détendeurs « premiers prix », qui ne sont pas compatibles avec les hautes performances pour plonger toute l'année froide de nos lacs.



reliés entre moyenne

marques tion ce- deurs compa- nées- dans l'eau

### EN EAUX FROIDES

En eaux froides, dans les lacs, il est nécessaire de disposer de deux très bons détendeurs, fixés chacun sur une sortie. Le principe de l'octopus n'est pas conseillé.

### DES DÉTENDEURS POUR AUTRE CHOSE QUE DE L'AIR.

Un détendeur est prévu pour délivrer de l'air comprimé. Il ne doit pas être utilisé pour des mélanges comprenant plus de 40% d'oxygène (Nitrox).

Pour l'utilisation avec des nitrox ou de l'oxygène pur le raccord du premier étage est différent (M26x2).

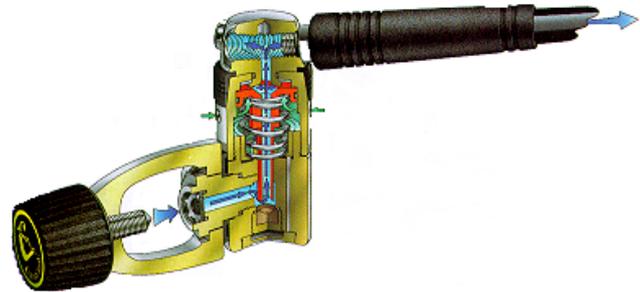
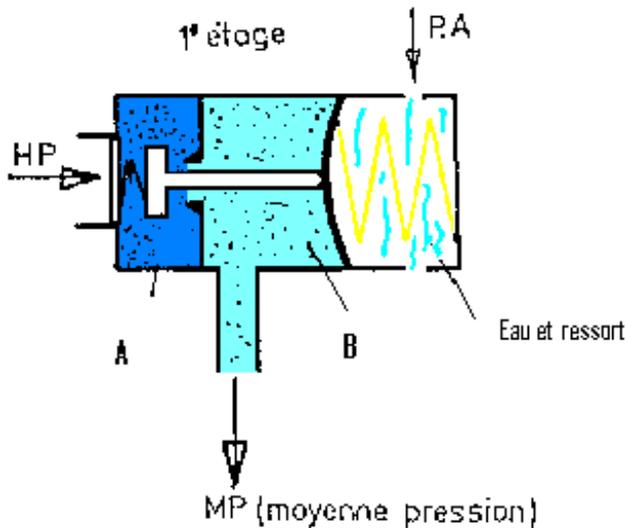


## LE PREMIER ÉTAGE

Le premier étage d'un détendeur peut être soit à "piston" soit à "membrane". De plus, il peut être "non compensé" ou "compensé"

Les détendeurs offrant les meilleures performances sont compensés.

### LE PRINCIPE DU PREMIER ETAGE



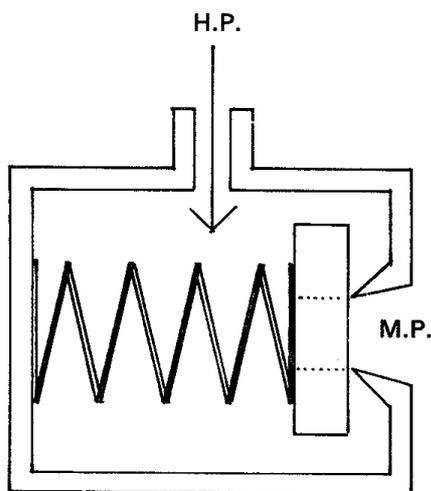
Le plongeur inspire. L'air contenu dans la chambre moyenne pression B diminue. La pression de l'eau appuie sur la membrane. Le levier transmet cette pression et pousse le clapet loin de son siège.

L'air passe de la chambre A à la chambre B - > MP.

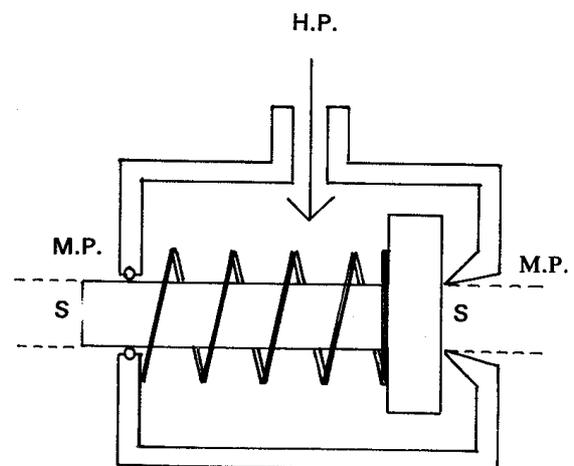
Quand l'équilibre est rétabli, le clapet se referme.

### COMPENSÉ OU PAS ?

Les détendeurs à clapet compensé sont plus souples et plus confortables. Ce sont les détendeurs « HAUT DE GAMME »



CLAPET NON COMPENSÉ



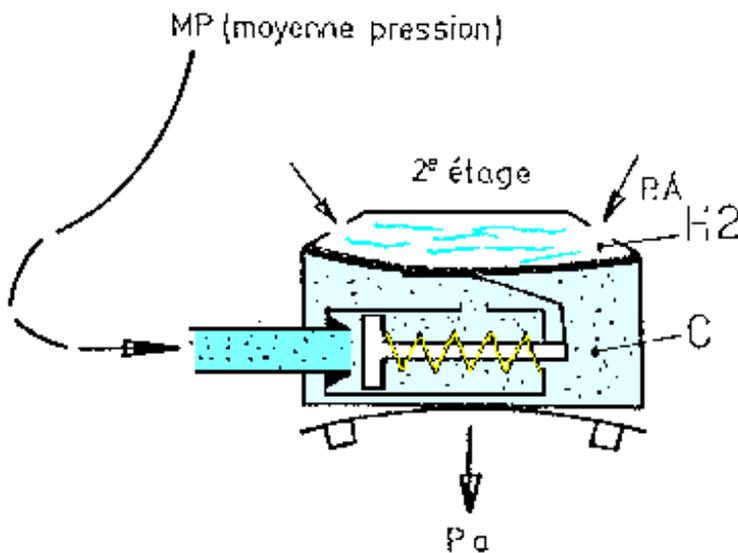
CLAPET COMPENSÉ OU « RÉGULÉ »

## LE DEUXIÈME ÉTAGE

Ici aussi les progrès de ces dernières années sont énormes : aujourd'hui, les détendeurs à deux étages sont légion.

Les nouvelles techniques mises en œuvre, les nouveaux matériaux utilisés permettent de construire des instruments de précision et très fiables.

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Le principe est le même que pour le premier étage.

L'arrivée de l'air à une moyenne pression, M.P. de 8-12 bar supérieurs à la pression ambiante est stoppée par un clapet.

L'inspiration du plongeur fait baisser la pression dans la chambre C, la pression de l'eau agit sur la membrane qui abaisse le levier et ouvre le clapet. L'air est ainsi injecté dans le détendeur.

De nombreuses fabrications différentes permettent d'apporter une

grande diversité dans les choix des modèles.

### CHOIX D'UN DETENDEUR

Pour plonger toute l'année dans nos lacs, il faut un très bon détendeur. Le fait de détendre de l'air provoque un refroidissement, encore accentué par la température de l'eau (4°C en profondeur).

Il faut donc que le détendeur procure de bonnes performances et que sa construction soit de qualité optimum pour pouvoir fonctionner sans défauts dans nos eaux froides.

Celui qui ne plonge qu'en mer chaude peut choisir n'importe quel modèle.

## LA BOUTEILLE D'AIR COMPRIME

L'on trouve des bouteilles de toutes les grandeurs. Elles sont définies par leur volume (volume en eau).

Les plus couramment employées en plongée sont :

10 litres, en mono ou en bi

12 litres, en mono

15 litres, en mono

Ces bouteilles peuvent être en acier ou en alu.

Chaque bouteille portera les marques suivantes

- ...
- Le poids, vide et sans armatures
- Le volume (volume en eau)
- La nature du gaz contenu
- la pression d'essais
- La pression de service (les 2/3 de la pression d'essais)
- La date du dernier test (mois, année)
- Le poinçon de l'ASIT

Généralement, la Pression d'essais est de 300 bar. Les essais, (réépreuve, test) doivent avoir lieu tous les 2½ ans, une fois visuellement, une fois par un test sous pression (ordonnance fédérale 01/97).

Le plongeur peut donc gonfler sa bouteille à une pression de 200 bar, disposant ainsi de :

mono 10 l                    = 10 X 200 = 2'000 litres d'air

mono 12 l                    = 12 X 200 = 2'400 litres d'air

mono 15 l                    = 15 X 200 = 3'000 litres d'air

bi 2x10 l                    = 10 X 2 X 200 = 4'000 litres d'air

### UTILISATION

Avant de gonfler une bouteille, il faut :

- Contrôler la pression d'utilisation
- Contrôler la date du dernier test ASIT





## PARTICULARITÉS DE LA PLONGEE

### LA PLONGÉE EN LAC

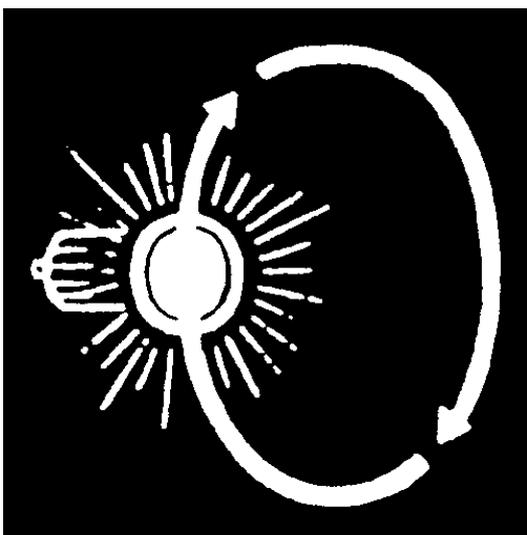
- FROID :**
- Protection suffisante contre le froid.
  - Avant la plongée, verser de l'eau chaude dans la combinaison.
  - Si un plongeur fait le signe "J'ai froid", la plongée doit être interrompue.
- OBSCURITÉ :**
- Emporter une lampe.
  - Rester ensemble.
- BATEAUX :**
- Etre attentif aux bruits.
  - Ne jamais plonger à proximité d'installations portuaires, ni sur la route de bateaux en service régulier.
  - Le pavillon de plongée est obligatoire.
- FILETS DE PÊCHE :**
- Etre attentif aux bouées de filets et bouchons de liège.
  - Si l'on reste accroché, pas de panique. Le partenaire coupe le filet, si nécessaire.
  - Décapeler éventuellement pour pouvoir se détacher, mais ne larguer en aucun cas le scaphandre pour essayer de remonter à la surface.
- CHANTIERS :**
- Etre attentif aux parties métalliques émergentes
  - Ne pas sauter à l'eau

## LA PLONGÉE DE NUIT

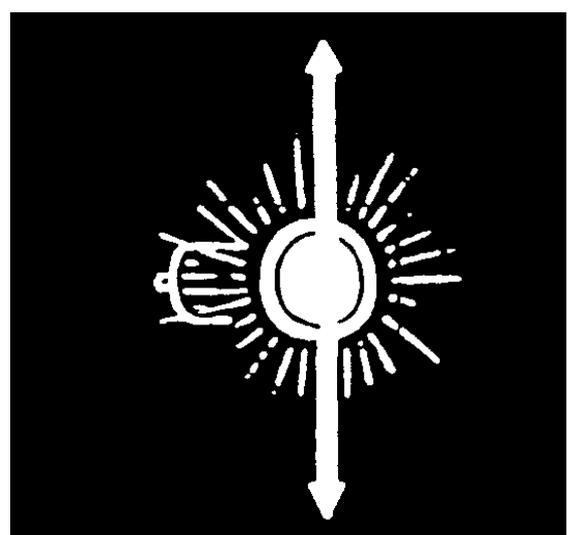
Dans nos lacs beaucoup d'animaux sous-marins sont actifs la nuit. De ce fait, la plongée nocturne exerce sur le plongeur une fascination toute particulière. Mais la plongée dans l'obscurité est bien plus exigeante : psychiquement d'une part, et, d'autre part par le fait qu'il est plus difficile de s'orienter, même avec une boussole. Par conséquent, lors de plongées de nuit, il faut absolument respecter les règles suivantes :

- **Ne plonger que sur des sites connus.**
- **Ne plonger qu'avec un partenaire expérimenté en plongée nocturne.**
- **Ne plonger que par temps calme, quand il n'y pas de courant et une bonne visibilité.**
- **Ne faire que des plongées dans la courbe de sécurité.**
- **Si possible, ne plonger que par palanquées de deux.**
- **Chaque plongeur dispose d'une lampe.**
- **Ne pas éblouir le partenaire en éclairant son visage.**
- **Éclairer ses propres signes.**

TOUT VA BIEN



CELA NE VA PAS





## LA PLONGÉE EN MER

- COURANT :**
- Attention aux courants.
  - Commencer la plongée contre le courant.
  - Ne jamais lutter contre un fort courant, mais le traverser en oblique.
  - Gonfler le gilet à la surface.
  - Utiliser le tuba.
- VAGUES :**
- S'abstenir de plonger en cas de mal de mer.
  - Faire les paliers de décompression en pleine eau, hors des zones de marée.
- MARÉES :**
- Eviter les écueils (danger de mort).
  - Même en cas de marée faible, éviter de plonger depuis la rive.
- FILETS DE PÊCHE :**
- Etre attentifs aux bouées de filets et bouchons de liège.
  - Si l'on reste accroché, pas de panique. Le partenaire coupe le filet, si nécessaire.
  - Décapeler éventuellement pour pouvoir se détacher, mais ne larguer en aucun cas le scaphandre pour essayer de remonter à la surface.
- BATEAUX :**
- Etre attentif aux bruits.
  - Ne jamais plonger à proximité d'installations portuaires, ni sur la route de bateaux en service régulier.
  - Le pavillon de plongée est obligatoire.
- ANIMAUX :**
- Ne jamais toucher des animaux inconnus.
  - Laisser aux grands animaux une place pour fuir
  - Ne pas appâter les animaux.
- EAU SALEE :**
- Bien rincer l'équipement de plongée avant le séchage
- SOLEIL :**
- Protège-toi ainsi que ton équipement des influences néfastes des rayons du soleil.



## PLONGÉE EN LAC DE MONTAGNE

Un lac de montagne est un lac qui se situe à une altitude supérieure à 700 mètres au-dessus du niveau de la mer, qui demande donc l'utilisation d'une autre table de plongée que la table habituelle.

Préparation	<ul style="list-style-type: none"><li>- Détermination de l'altitude</li><li>- Connaissances des lieux si possible</li></ul>
Possibilités d'accès	<ul style="list-style-type: none"><li>- Interdictions de circuler, interdictions de plongée</li></ul>
Affluents	
Equipement	<ul style="list-style-type: none"><li>- Combinaison étanche ou bonne combinaison humide (aussi l'été)</li><li>- Profondimètre qui puisse être étalonné à l'altitude du lac ou ordinateur de plongée</li><li>- Détendeurs qui ne givent pas</li><li>- Habits et boissons chaudes</li></ul>
Sécurité	<ul style="list-style-type: none"><li>- A part les dispositions de sécurité usuelles, penser aussi aux mesures qu'il faudrait prendre en cas d'accident.</li><li>- Ne pas plonger à proximité de barrages et de digues ni sous des écluses.</li></ul>

### Décompression en altitude

L'altitude supérieure signifie pression atmosphérique diminuée ce qui implique des décompressions différentes (voir table pour lacs de montagne).

- courbe de sécurité plus courte
- paliers de décompression de 3m divisé en 2 : 2m et 4m
- paliers de décompression plus longs

Attention aussi aux variations de la pression atmosphérique lors du franchissement des cols ou en cas de transport (ou de sauvetage) par hélicoptère (risque d'accident de décompression accru).

Pour les lacs de barrage, se renseigner préalablement sur les heures d'ouverture des écluses et l'état du lac en général. La visibilité n'y est le plus souvent pas terrible. Lorsqu'il y a des bâtiments non démolis, il existe un danger d'écroulement.



## LA PLONGÉE EN RIVIÈRE

La plongée en rivière est réservée aux plongeurs bien entraînés et qui sont initiés aux techniques de ce type de plongées.

Ne pas plonger pas dans les rivières à fort courant ou en cas de mauvaises conditions de visibilité.

Attention aux obstacles tels que piliers de pont, poteaux, rapides, ainsi qu'aux obstacles cachés, poteaux, rochers affleurant l'eau qui provoquent des tourbillons visibles à la surface.

- Combinaison : Humide, se lester un peu plus.
- Les plongeurs restent encore plus près les uns des autres qu'à l'accoutumée.
- Profiter des contre-courants.
- Prévoir plusieurs sorties.

## PLONGÉE SPÉLÉO OU SOUS LA GLACE

Etant donné qu'il n'est pas possible de refaire surface immédiatement ces plongées en grottes, siphons ou sous la glace sont à considérer comme étant plus risquées. Seuls des plongeurs bien entraînés et au psychisme solide peuvent effectuer de telles plongées. Pour l'organisation d'excursions de plongée souterraines et sous la glace une formation spécifique est nécessaire.

**Voir aussi les divers cours spéciaux en page 3**

[www.mzplongee.ch](http://www.mzplongee.ch)

## SECURITE SUR LE SITE DE PLONGÉE

### EXTRAIT DE LA LOI FÉDÉRALE SUR LA NAVIGATION INTÉRIEURE

Nous attirons votre attention sur les règlements, dispositions et prescriptions concernant les plongeurs.

#### **Art. 20 - Panneaux, pavillons et ballons**

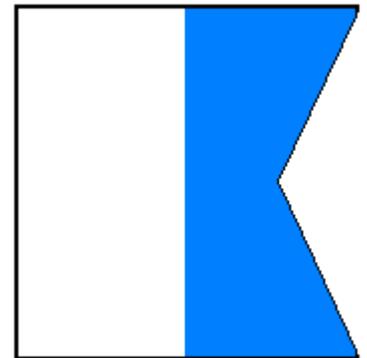
Les panneaux, pavillons et ballons prescrits sont à placer de manière à être bien visibles. Leurs couleurs doivent être aisément reconnaissables.

Les panneaux et pavillons auront une hauteur et une largeur d'au moins 60 cm. Les ballons doivent avoir un diamètre d'au moins 30 cm.

#### **Art. 32 - Signalisation lors de plongée subaquatique**

1. Lors de plongée subaquatique à partir de la rive, un panneau répondant la lettre "A" du code international de signaux (pavillon en forme de guidon à deux pointes dont la moitié côté hampe est blanche et l'autre moitié bleue) doit être hissé.

2. Lors de plongée subaquatique au large, ce panneau sera visible de tous les côtés. De nuit ou par temps bouché, il doit être éclairé de manière bien visible.



#### **Art. 49 - Comportement à l'égard des plongeurs**

Tout bateau se tient à une distance d'au moins 50 m des bateaux ou des emplacements à terre signalés conformément aux dispositions.

#### **Art. 77 - Plongée**

La plongée subaquatique sportive est interdite :

- a) sur la route de bateaux en service régulier ;
- b) dans les passages étroits;
- c) aux entrées des ports et à proximité;
- d) près des lieux de stationnement officiellement autorisés.



## ORGANISATION DE LA PLONGÉE

### AVANT LA PLONGÉE

#### RÉFLÉCHIR

? Accès autorisé à la plongée : Terre  
Lac  
Embarcadère  
Lois

? Véhicules : Parcage

? Moyens de prévenir : Tél. mobil -> code

#### SECOURS

? Qui prévenir : Tél mobil -> code  
REGA 1414 : voire application REGA

? Matériel de sécurité : Oxygène  
Pavillon de plongée

#### VESTIAIRE

? Se changer : penser aux autres

? S'abriter

? Se réchauffer

### ORGANISER LA PLONGEE

Faire les palanquées -> niveau des plongeurs  
Direction de la palanquée -> chef de palanquée  
Directives -> profondeur, temps  
Comportement -> sécurité, environnement



## LA PLONGEE

### ? Conditions de mise à l'eau

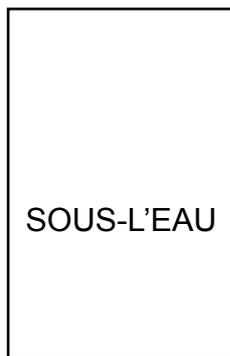
Vent, vagues, escaliers etc.  
Ressortir

### ? Explications sur le site

Topographie, fond, courant etc.

### ? Ecole ou explo?

Expliquer les buts de la plongée.  
Explication des exercices, des objectifs



### ? Orientation/ Surveillance

Contrôle du matériel  
Vidage de masque

### ? Profondeur et temps

Contact visuel fréquent

### ? Paliers de décompression

Profondeur  
Temps

## APRES LA PLONGEE



### ? Discussion

Echange du vécu  
Explications complémentaires

?

### ? Carnet de plongée

Le remplir  
Le signer

### ? CONDUITE A TENIR EN CAS DE PEPINS APRES LA PLONGEE

Que faire



## ENVIRONNEMENT

(Textes de la FSSS, photos de Mauro Zürcher)

Un cours d'eau, un lac ou la mer constitue non seulement le milieu et l'espace dans lequel nous pratiquons notre sport favori, mais également le lieu où vivent une faune et une flore abondante.

Par l'étude de l'écologie et de la biologie, nous pouvons faire preuve d'égards envers la nature et nous engager à la respecter, tout en éveillant en chacun un intérêt pour l'environnement.

- Plongeurs respectez l'environnement !
- Plongeurs, faites preuve d'égards envers la nature !
- L'environnement est un gage d'avenir pour les générations futures !

**Voici pourquoi certaines règles sont à respecter !**

**Faites-les également connaître à vos compagnons de plongée !**

- Ne nous déplaçons qu'avec un minimum de véhicules au bord de l'eau !
- Donnons-nous rendez-vous en chemin ; voyager ensemble, c'est plus chouette, et de toute façon, les possibilités de stationnement sont limitées !
- Parquons nos véhicules sur les emplacements prévus à cet effet et non sur le gazon ou sur les trottoirs !
- Si toutes les places sont occupées, déplaçons-nous plus loin, sur un autre site de plongée !
- Respectons les interdictions de plongée, de stationnement et les propriétés privées !
- Respectons les personnes qui désirent-elles aussi jouir d'un peu de paix au bord de l'eau !
- Les riverains, ne l'oublions pas, doivent supporter les plongeurs quotidiennement !
- Efforçons-nous de ne pas être trop bruyants.

## ACCÈS/SORTIE

- Mettons-nous à l'eau en passant par les enrochements, les plages de gravier, les escaliers etc !
- Ne piétons pas la végétation riveraine, ni les autres plantes aquatiques !

## LA PLONGÉE

- Savoir bien s'équilibrer est important !
- Les nuages de vase remuée nuisent à la faune et à la flore, de même que les coups de palmes maladroits qui soulèvent cette vase !
- Observons les zones de végétation dense de l'extérieur !
- Les poissons et autres animaux souffrent si nous les touchons et les dérangeons trop !
- Si malgré tout vous ne pouvez résister à retourner un galet pour observer la faune qui se cache en dessous, remettez-le ensuite dans sa position initiale !

## LA VIE DANS LES EAUX DOUCES

Nous distinguons en Suisse des types d'eau très particuliers : étangs, mares, marais, lacs, lacs de barrage, sources, ruisseaux, rivières, fleuves et canaux. Chaque type de milieu aquatique a une morphologie propre et contient une faune et flore caractéristique. Ces milieux subissent différemment les influences de l'environnement, l'homme représentant, par les diverses utilisations qu'il fait de ces eaux, une des composantes essentielles influençant les hydrosystèmes.

L'homme déverse des eaux usées contenant trop de matières minérales (nitrates et phosphates) dans les eaux. Cela provoque une forte croissance des algues. L'eau devient trouble et verdâtre en surface. De grandes quantités d'algues mortes descendent dans la zone benthique et s'y décomposent, consommant ainsi le peu d'oxygène que l'on trouve en profondeur ; la zone benthique devient inhabitable pour les poissons.

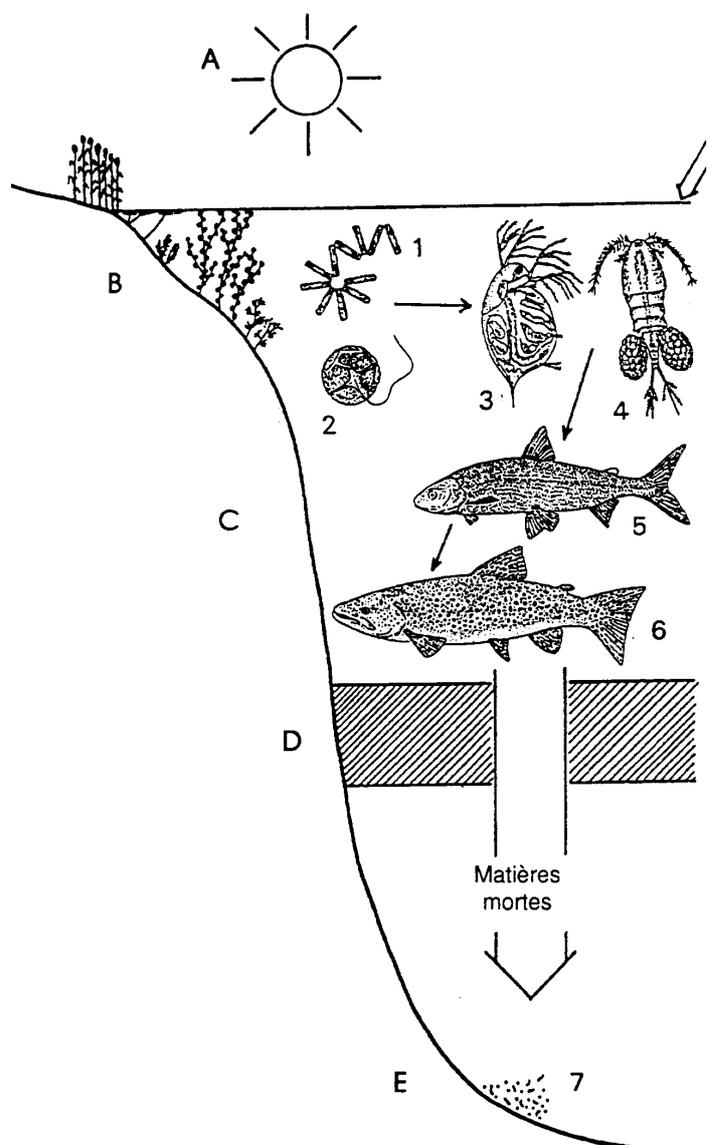
**A Lumière du soleil** : réchauffe le lac en été

**B Zone littorale** : Roselières, Nénuphars, Potamots

**C Eaux de surface** : (épilimnion) : claire, chaude, riche en oxygène produit par les algues et provenant du brassage de surface

**D Thermocline** : entre 10 et 15 m, chute rapide de la température de l'eau. La thermocline sépare l'eau tempérée de surface et l'eau froide des profondeurs.

**E Zone benthique profonde et hypolimnion** : froide et obscure, sédiment fin, pauvre en oxygène (utilisé pour la décomposition).



**Nutriments :**

Les matières organiques, telles que phosphates et nitrates sont amenées au lac par les affluents. Elles constituent la base pour la croissance des algues.

**Phytoplancton :**

(plancton végétal): Diatomées 0.03 mm, 2 : Flagellés 0.03 mm.

**Zooplancton :**

(plancton animal), 3 : Pucés d'eau 1.5 mm, 4 : Cyclopidés (microcrustacés) 1 mm, Nourriture : algues et bactéries.

**Corégones :**

5 (Féra, palée, bondelle) 15-40 cm :

La famille de poissons économiquement la plus importante dans beaucoup de lacs ; nourriture: zooplancton. Poissons grégaires de pleine eau. Pour leur reproduction, ces poissons nécessitent des eaux benthiques riches en oxygène. Intensément pêchés et rencontrant souvent des difficultés pour se reproduire dans les lacs eutrophes, les peuplements de corégones sont souvent soutenus par la pisciculture

**Truite de lac 6 (40-80 cm) :**

La truite de lac n'existe que dans les grands lacs ; c'est une proche parente de la truite de rivière, mais sans taches auréolées de rouge ; migre pour sa reproduction dans les affluents du lac. Nourriture: insectes et poissons.

**Bactéries 7 (0.001 mm) :**

Décomposent les matières mortes en nutriments utilisables par les algues. Pour la dégradation des matières mortes, elles utilisent beaucoup d'oxygène.

En automne, l'eau des lacs se refroidit à partir de la surface, s'alourdit (densité maximale à 4°C) et tend à descendre, la thermocline disparaît à l'arrière automne. Cette descente des eaux de surface. Renforcée par le brassage occasionné par les forts vents, oxygène la zone benthique profonde et l'hypolimnion. L'eau atteint 4-5°C dans tout le lac. Ce n'est qu'au printemps suivant qu'une stratification, avec thermocline, s'installera à nouveau.

## LES HABITANTS DU LAC

Le biotope des petits plans d'eau stagnante, tels qu'étangs et marais ainsi que les zones littorales de faible profondeur des grands lacs se caractérise souvent par la présence de végétation aquatique.

## LA VÉGÉTATION

Roselières, Nénuphars, Potamots

Présent d'avril à octobre la végétation sous-marine est le refuge de toutes les espèces en train de grandir.



**L'ESCARGOT DES MARÉCAGES** peut ob-  
turer sa coquille avec un opercule. Il se nour-  
rit d'algues.



### **LA MOULE ZÉBRÉE**

(1 - 2 cm) se fixe à l'aide de filaments sur les sédiments. Comme tous les mollusques, elle pompe de l'eau à travers ses siphons filtrants et se nourrit ainsi des particules en suspension dans l'eau. Elle représente une source de nourriture importante pour les oiseaux aquatiques qui hibernent dans nos contrées. Il s'agit d'un mollusque non indigène ayant colonisé nos lacs dans les années 50, par ses larves résistantes à l'exondation fixées sous des bateaux.



## L'ANODONTE

ou huitre d'eau douce est une huitre d'eau douce qui peuple nos lacs depuis longtemps...



## LA LARVE DE PHRYGANE

La larve de ces insectes volants au stade adulte (1 - 4 cm, stade juvénile) habite nos eaux. Sa tête est carapaçonnée et elle protège son abdomen mou dans une sorte de "carquois" qu'elle construit elle-même avec du sable, de petites pierres, des fragments de plantes et de petites branches



### LA CREVETTE ROUGE SANG

Son nom de guerre c'est *Hémimysis anomala*. Elle vient de l'est et a envahi nos lacs ou on la trouve en bancs de plusieurs millions d'individus, surtout en février-mars ou en petits groupes, cachées dans des failles le reste de l'année.



## L'ÉCREVISSE

C'est l'écrevisse américaine (6 - 8 cm) a colonisé la majorité des lacs du Plateau suisse au détriment des espèces indigènes qu'elle infeste d'une maladie à laquelle elle-même résiste.

Elle se nourrit de charognes et autres plantes mortes; elle remplit donc une fonction de fossoyeur. Afin de pouvoir se développer, elle doit de temps à autre changer de carapace (mue). Elle est donc très vulnérable à cette période, jusqu'à ce que sa nouvelle carapace se soit durcie.



D'autres espèces sont présentes aussi : l'écrevisse signal



## LE CHABOT

Le chabot est un petit poisson (env. 10 cm), vivant sur le fond du lac. Il a une tête aplatie et des nageoires pectorales en forme d'éventail. Bien qu'assez fréquent dans nos lacs, il s'agit d'un poisson typique des cours d'eau des cours d'eau propres à fort courant. Il est souvent difficile à voir en raison de son excellent camouflage. Les œufs, pondus au printemps sous les pierres, sont surveillés par les mâles.



## L'ANGUILLE (RARE)

L'anguille (30 - 100 cm) se rencontre sous nos latitudes surtout dans les lacs et cours d'eau du Plateau. Cachée la journée, elle s'active la nuit pour chasser poissons et autres animaux aquatiques. A maturité, (10-20 ans), les anguilles migrent vers la Mer des Sargasses (Atlantique ouest) où elles meurent après s'être reproduites, les larves (leptocéphales) atteindront à nouveau les côtes européennes au bout de trois ans. Les jeunes anguilles, appelées civelles, remonteront alors les fleuves pour coloniser les eaux intérieures.



## LA LOTTE

La lotte, (30 - 60 cm) est un poisson allongé tacheté typique des fonds. Sa longue nageoire dorsale et son unique barbillon central sous la lèvre inférieure la distinguent des silures et poisson-chat.

La lotte est avant tout active la nuit et se nourrit de petits animaux et déchets du substrat ainsi que de poissons. Sa période de reproduction se situe à la saison la plus froide.

Une femelle pond de très nombreux œufs qui voyagent entre deux eaux grâce à une gouttelette d'huile interne.

Après leur éclosion, les alevins vivent en eau libre, les jeunes dans les zones benthiques littorales.



## LA PERCHE

C'est le poisson le plus commun de nos lacs. On trouve les perches en banc nageant en pleine eau ou posées sur le fond.

Longueur jusqu'à 35 cm), rayée de bandes noires verticales, qui possède deux nageoires dorsales; l'antérieure à rayons épineux, avec une tache noire, la postérieure à rayons mous. La perche se nourrit surtout de petits crustacés du plancton puis, dès que sa dimension lui en donne la possibilité, elle devient canibale, dévorant ses congénères ainsi que d'autres petits poissons.



Le frai se déroule au printemps, les femelles accrochant alors de longues chaînes d'œufs sur la végétation aquatique ou autre support immergé. C'est en automne que l'on rencontre les véritables "nuages" de perches (env. 5 - 8 cm) dans la zone littorale. Les exemplaires plus âgés préfèrent souvent les zones plus profondes et vivent en solitaires.

Ces prédateurs se nourrissent d'autres poissons (ablettes) etc. et de gammares, d'écrevisses etc.



## LE BROCHET



Camouflé dans les hautes herbes sous-marines le brochet attends patiemment qu'une proie passe à sa portée...

## L'ABLETTE

Elle sert de nourriture à tous les autres...



## LA TANCHE

La tanche a une forme allongée et sa peau, recouverte d'un épais mucus, est de couleur verte, vert sombre à jaune doré. Elle peut mesurer jusqu'à 70 cm pour un poids maximal publié de 7,5 kg

On la trouve dans les eaux calmes aux fonds vaseux et à la végétation dense, des cours d'eau larges et lents, dans les bras morts, dans les lacs et les étangs aux endroits peu profonds ou dans les cours d'eau sans courant.

C'est un poisson peu grégaire qui vit en petit groupe ou solitaire.

L'hiver, il vit au ralenti et s'enfouit dans la vase.

Son alimentation est composée de petits mollusques, larves d'insectes, vers, et débris de végétaux ; c'est un poisson fouilleur à la bouche munie de barbillons (filaments tactiles).



## LE GARDON

Le gardon (10 - 30 cm) est un des poissons les plus fréquents de nos eaux. Il ne possède qu'une nageoire dorsale comme les autres Cyprinidés (poissons blancs), lesquels sont très difficiles à différencier parfois. Le gardon est omnivore, et en dehors des petits invertébrés, il ne dédaigne ni les matières mortes, ni les plantes aquatiques. Les gardons résistent relativement bien à la pollution des eaux et prolifèrent dans les lacs eutrophiés.





## LE SILURE

Rare en plein jour on ne le voit que caché dans une épave par exemple.  
Il se rencontre plus facilement la nuit.



**POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA FAUNE ET LA FLORE D'EAU DOUCE.**

Voici l'ouvrage ultime en matière de biologie des eaux douces.

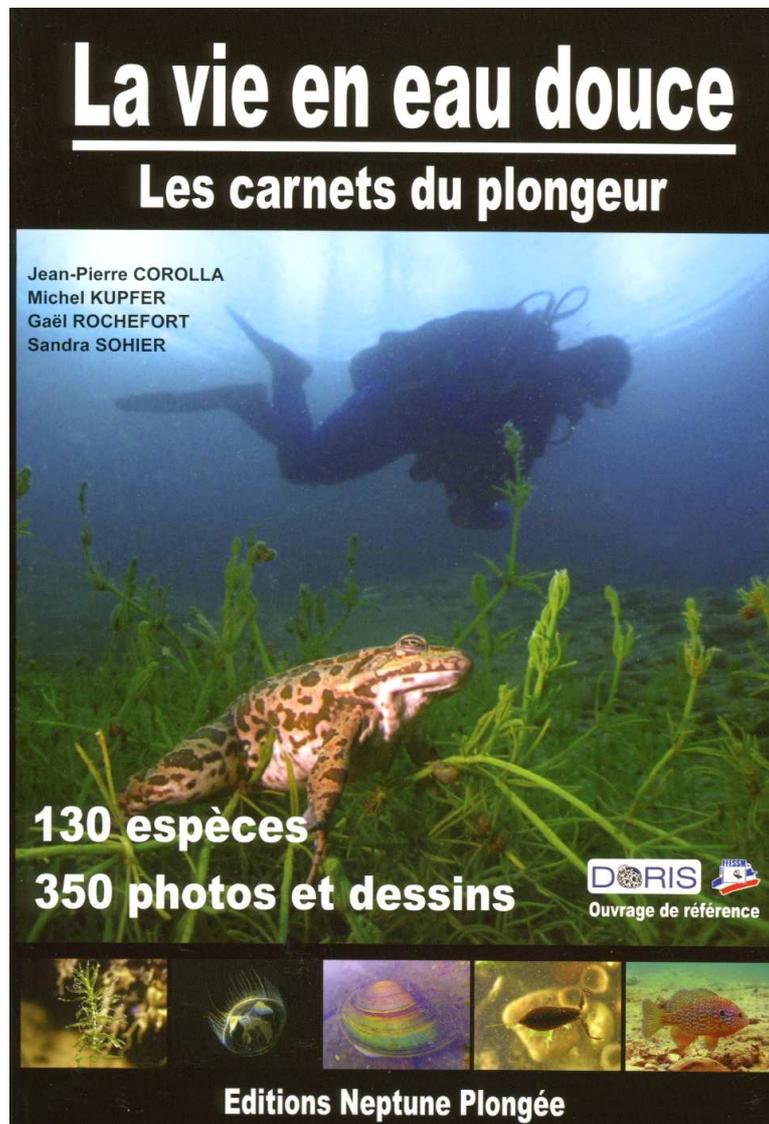
Ce livre est le résultat d'un collectif de photographes et de biologistes qui ont fondé [DORIS](#) au sein de la fédération française de plongée, la [FFESSM](#).

Un livre fait par des plongeurs, pour des plongeurs.

La vie en eaux douces, les carnets du plongeur.

Ouvrage de référence de Doris et de la FFESSM

ISBN 978-2-7466-4299-7 EAN 9782 74664 2997



## IMPACT DU PLONGEUR SUR L'ENVIRONNEMENT

# CHARTRE INTERNATIONALE DU PLONGEUR RESPONSABLE

**CETTE CHARTE EST UN GUIDE**

*Ses propositions doivent être envisagées au cas par cas, tant les sites de plongée, les situations diffèrent d'un lieu à l'autre. Son objet est de pousser chacun à s'interroger, et à mettre en place les conditions de plongée optimales pour une préservation et un partage équitable des richesses de la mer.*

### 1 PREPAREZ VOTRE VOYAGE

Les centres de plongée n'offrent pas tous les mêmes prestations. Certains s'efforcent de protéger l'environnement et de partager plus équitablement les ressources naturelles avec les habitants du pays d'accueil. Cela leur coûte cher, vous coûte plus cher, mais, ensemble, vous contribuerez à la protection du milieu que vous aimez.

**Choisissez une agence** de voyage qui adhère à une charte éthique.

Privilégiez les **Centres de Plongée Responsables** qui sont concernés par la protection des fonds marins.

Renseignez-vous sur les **écosystèmes marins** que vous allez découvrir, sur les **habitants** du pays qui vous accueille.

### 2 AVANT LA PLONGÉE

- Remettez-vous en forme, entraînez-vous à gérer votre flottabilité : poumon-ballast, stab, lestage optimal.
- Informez-vous sur le site de plongée que vous allez découvrir, cela rendra votre plongée bien plus riche.
- Demandez une projection-présentation de l'écosystème à votre centre de plongée.
- Demandez la liste des espèces menacées, la liste des espèces protégées, les réglementations les concernant.
- Renseignez-vous sur les actions menées par le centre de plongée pour la protection du milieu.

### 3 SUR LE BATEAU

- Ne jetez rien par dessus bord.
- Refusez les assiettes et gobelets en plastique jetable.
- Demandez l'installations de poubelles sur le pont.
- Veillez à bien fixer défendeurs de secours et manomètres pour qu'ils ne s'accrochent pas.
- Choisissez des palmes courtes, peu agressives.

### 4 EN PLONGEE

- Dès la mise à l'eau, pensez à vérifier votre lestage.
- Pensez à palmer doucement.
- Ne prélevez rien, sauf des images
- Ne harcelez pas les animaux.
- Ne nourrissez pas les poissons.

### 5 APRES LA PLONGEE

- Economisez l'eau douce. C'est le bien le plus précieux.
- Demandez des installations qui évitent le gaspillage d'eau douce.

### 6 AGISSEZ EN CITOYEN RESPONSABLE

- N'achetez pas de souvenirs arrachés à la mer : dent de requin, carapace de tortue, coquillages...
- Boycottez les restaurants qui servent de la soupe d'aillères de requin, des tortues, des cétaqués ou des poissons capturés à la dynamite ou au cyanure.
- Demandez aux restaurateurs comment sont pêchés les produits de la mer.



## LA PHOTOGRAPHIE SOUS-MARINE

Bien vite, le plongeur voudra prolonger les moments magiques passés sous l'eau, les faire partager à ses proches, surtout les non plongeurs.

La photographie ou la vidéo sous-marine constitue aujourd'hui des moyens idéaux pour « emporter des souvenirs » sans porter atteinte à l'environnement.

### PHOTO OU VIDEO

C'est vraiment une question personnelle. Il n'y a pas « UNE » solution mais chacun pratiquera l'activité qui lui semble la plus intéressante.

La base du problème reste la même : avant d'emporter sous l'eau un appareil qui demandera beaucoup d'attention, il faut parfaitement maîtriser tous les paramètres de la plongée, particulièrement les questions d'équilibrage.

### COMMENT COMMENCER ?

L'avènement de la photo numérique a considérablement facilité les choses car les appareils simples, pouvant être mis dans un caisson sous-marin tout aussi simple sont aujourd'hui légion. Toutes les grandes marques proposent un voire plusieurs ensemble pour un prix raisonnable ce qui permet à chacun de s'équiper et d'emporter sous l'eau de quoi ramener facilement de bonnes prises de vues.

Le photographe ou le vidéaste confirmé, maniant sans problèmes les notions de contrôle de la lumière, du cadrage et de l'éclairage et possédant déjà un matériel conséquent pourra emmener des appareils plus sophistiqués mais chacun aura avantage à suivre un cours de base pour apprendre les rudiments de la photographie sous-marine.

### LE MATERIEL

Le meilleur matériel de prise de vue n'est pas la garantie des meilleures photos. Le débutant, même équipé du dernier modèle professionnel de NIKON ou CANON dans son caisson, ne produira pas obligatoirement un chef-d'œuvre et le professionnel, équipé d'un simple compact numérique, sera privé des ses habituels outils technique et frustré de ne pouvoir interpréter à sa manière le spectacle que son œil a vu.

### PHOTO NUMÉRIQUE

Toutes les grandes marques proposent des appareils compacts accompagnés d'un caisson dédié au modèle choisi et permettant de produire d'excellentes images.

Cependant, sous l'eau, l'utilisation d'un flash apporte un plus qui se révèle rapidement indispensable.



## LES CAISSONS SOUS-MARINS



Un réflex numérique peut facilement être mis dans un caisson sous-marin dédié et c'est ainsi la plupart des derniers reflex des grandes marques qui peuvent être emportée sous l'eau.

Voir spécialement la marque Ikelite pour son rapport qualité-prix.

## VIDEO



Le format numérique HD 1080i est la solution proposé sur la plupart des appareils, que ce soit les boîtiers photo, du compact au réflex haut de gamme que le standard adopté par les caméras vidéo actuelles.

La caméra vidéo sera enfermée dans un caisson étanche construit de telle manière que les commandes de la caméra restent accessibles.

Dans tous les cas l'on fera le maximum pour emporter de l'éclairage, si possible 100 à 250 watts au moins.



## PHOTO ARGENTIQUE



Au début des années 60, un industriel belge, Jean de Wouters, construit un appareil photo étanche, sur les indications et selon les désirs du célèbre explorateur des mers, Jacques-Yves Cousteau.

Il porte le nom de CALYPSO et est équipé d'un objectif de 35 mm. Cet appareil est l'ancêtre de l'actuel NIKONOS 5, un des meilleurs choix possibles pour le photographe sous-marin, même débutant... Malheureusement Nikon a annoncé l'arrêt de la production en 2002. On ne le trouve plus qu'en occasion...

## PHOTOGRAPHER SOUS L'EAU

Photographe veut dire « écrire avec la lumière ». C'est donc la lumière qui est l'élément le plus important. Et sous l'eau, les conditions sont souvent difficiles. Outre les phénomènes de la réfraction (objets plus grands ...) et de l'absorption sélective des couleurs, les particules en suspension dans l'eau rendent toutes prises de vue difficile...

Il faudra prendre garde de ne pas oublier d'emporter un projecteur ou un flash.

Enfin, les règles esthétiques de composition et de cadrage s'appliquent aussi sous l'eau. Bref, la photo sous-marine est une activité merveilleuse mais exigeante.

Le cours spécial « photographie subaquatique » de MZPLONGEE apportera les bases nécessaires au débutant. Voir sur [www.mzplongee.ch](http://www.mzplongee.ch), agenda cours.



## **BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE DE LA PRISE DE VUE SOUS-MARINE**

### **LA PHOTOGRAPHIE SOUS-MARINE ET LES PROGRES DE LA PHOTOGRAPHIE**

Boutan Louis

Ed. Schleicher Frères 1900

### **PRATIQUE DE L'IMAGE SOUS-MARINE**

Sillner L.

Editions Techniques Européennes 1970

### **PHOTO ET CINEMA SOUS-MARIN**

Meusy JJ. / de Sazo S.

Paul Montel 1970

### **LE MONDE SOUS-MARIN ET SON IMAGE, PHOTO ET CINEMA SUBAQUATIQUE**

Meusy J.-J.

Paul Montel 1979

### **LA PRISE DE VUE SOUS-MARINE**

Rives / Chenz / Pétron

Denoël 1979

### **LA PHOTOGRAPHIE SOUS-MARINE**

Allgret P.-L.

De Vecchi 1979

### **COMMENT PHOTOGRAPHER LA MER**

Martin-Razi Pierre

Océans, numéro spécial 1987

Voir aussi le cours photo donné par MZPLONGEE sur [www.mzplongee.ch](http://www.mzplongee.ch), agenda cours.

## PLONGER AVEC DU NITROX

### DÉFINITION

Un nitrox est un mélange d'oxygène et d'azote qui contient plus de 21% d'oxygène.

### DÉSIGNATION

Pour désigner un nitrox, on cite d'abord le pourcentage d'oxygène ( $O_2$ ) qu'il contient puis le pourcentage d'azote ( $N_2$ ) du mélange.

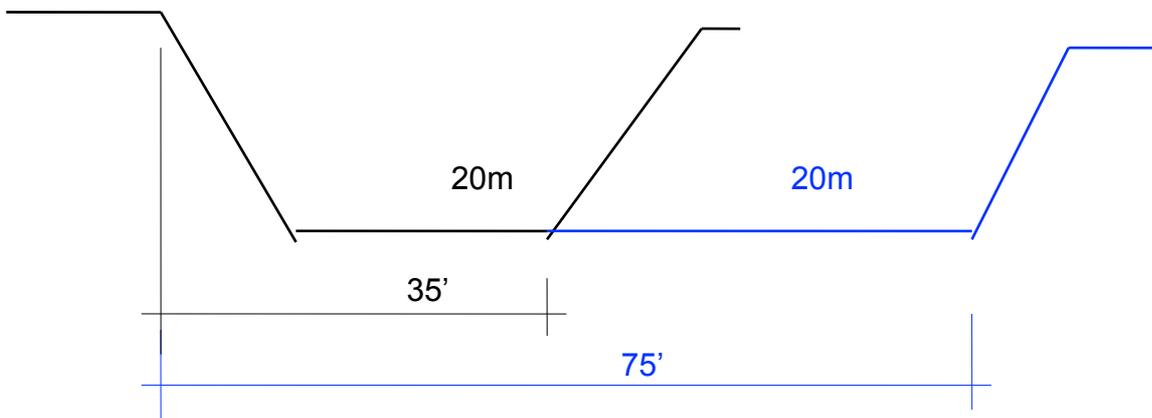
Exemple pour un nitrox contenant 40% d' $O_2$  et 60% de  $N_2$  :

## Nitrox 40/60

### LES AVANTAGES DU NITROX

- réduction de la saturation en gaz inerte
- courbe de sécurité prolongée
- temps de séjour à la même profondeur augmenté
- plus de sécurité (accident de décompression) si le temps n'est pas augmenté

COURBE DE SECURITE A 20m avec un **NITROX 40/60** (40%  $O_2$ ) comparée à l'AIR COMPRIME



Plus le pourcentage d'oxygène est élevé plus celui de l'azote contenu dans le mélange est faible : la saturation en azote des divers tissus de l'organisme est ainsi plus faible qu'avec de l'air respiré à la même profondeur et pendant la même durée

**AVANT DE PLONGER AVEC DU NITROX IL EST INDISPENSABLE DE SUIVRE UN COURS SPECIAL TRAITANT DU SUJET**

Voir aussi le cours nitrox donné par MZPLONGEE sur [www.mzplongee.ch](http://www.mzplongee.ch), agenda cours.



## CODE DE COMMUNICATION

Comme il n'est pas possible de parler sous l'eau (en fait on peut parler mais les sons ne se transmettent pas bien et sont très difficile voir impossible à comprendre) il faut avoir recours à un langage visuel !

Ce langage s'appelle "CODE DE COMMUNICATION". En principe il est international et chaque plongeur le comprend et sait interpréter les divers signes qui le compose. Il faut cependant remarquer que chaque organisation de formation a plus ou moins défini des signes spécifiques. Les signes expliqués ci-dessous sont les signes officiels de la FSSS. Ils sont aussi, pour la plupart, les signes officiels de l'enseignement CMAS. D'autres organisations, particulièrement les organisations américaines comme PADI ou NAUI enseignent aussi la plupart de ces signes. Cependant il peut y avoir des différences sur quelques signes importants comme "JE N'AI PLUS D'AIR" par exemple où il peut y avoir des signes qui ne sont pas enseignés par CMAS comme signaler quand le mano marque 100 bar etc.

Pour être sûr de bien se comprendre il est donc important de préciser ces signes la première fois que l'on plonge avec un plongeur que l'on ne connaît pas.

### REMARQUE IMPORTANTE

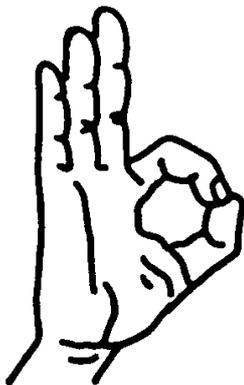
Faire bien attention d'exécuter les divers signes du code de communication d'une manière claire et précise en s'assurant que le partenaire les a bien reçu. Il faut tenir compte que, sous l'eau, le champ visuel du plongeur est réduit d'une part par le masque et d'autre part par le phénomène de la réfraction.

Il faut donc faire ces divers signes DEVANT le masque du plongeur et pas à côté ou ils pourraient ne pas être vus.

Si les plongeurs se trouvent dans le noir, soit en plongée de nuit soit de jour, à une certaine profondeur, il ne faut pas oublier d'éclairer sa propre main de manière à ce que le compagnon de palanquée voit bien le signe. Ce faisant l'on prendra garde de ne jamais l'éblouir en dirigeant la lampe droit sur son visage.

### Signe « OK »

C'est à la fois une question et une réponse :



#### *Signification*

Question : On fait ce signe pour DEMANDER à son compagnon de palanquée si "TOUT VA BIEN" ou s'il est "D'ACCORD"

#### *Réponse*

Avec le même signe, on confirme que "TOUT VA BIEN" ou que l'on est "D'ACCORD" avec l'option proposée. Dans ce cas, on répète le signe qui nous était adressé.

### Signe « QUELQUE CHOSE NE VA PAS » ou « CA NE VA PAS ».

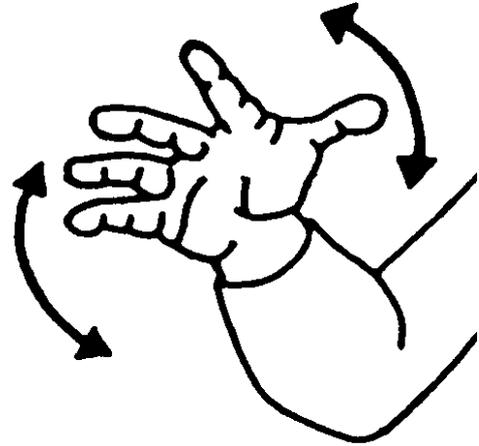
#### Signification

Signale un problème. Dans la mesure du possible indiquer aussi ce qui ne va pas, par exemple l'impossibilité d'équilibrer en portant la main au niveau de l'oreille ou en montrant clairement quelle partie de l'équipement n'est plus en ordre par exemple.

#### Réponse

S'approcher du plongeur, s'assurer d'un coup d'œil que rien ne le gêne. Etablir un contact visuel et le regardant bien dans les yeux et, si nécessaire, établir un contact physique en le tenant par un bras par exemple. Avec le signe "OK" lui demander si "TOUT VA BIEN". Être attentif au signe qu'il va faire pour répondre. Si le plongeur n'a aucune réaction il est alors nécessaire de lui proposer de REMONTER avec le signe "ON REMONTE"

Si le plongeur n'a toujours aucune réaction, entreprendre calmement une remontée assistée.



### Signe « NON » ou « PAS D'ACCORD »

#### Signification

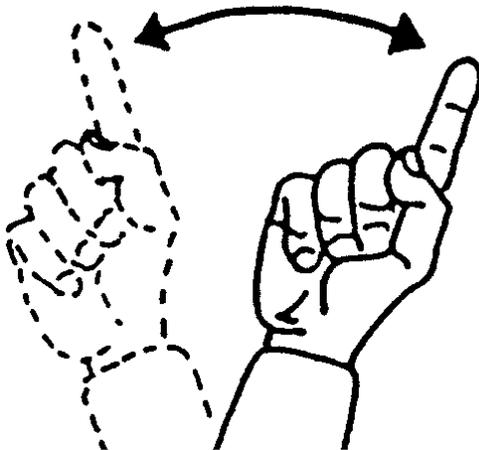
Indique un refus, signale que l'on est "PAS D'ACCORD".

#### Suite logique

Indiquer par un autre signe ce que l'on aimerait faire.

#### Réponse

S'approcher du plongeur, s'assurer d'un coup d'œil que rien ne le gêne. Avec le signe "OK" lui demander de confirmer que "TOUT VA BIEN". Être attentif au signe qu'il va faire pour proposer une autre option. Si aucune autre option n'est proposée par le plongeur, refaire une proposition.



### Signe « STOP »

#### Signification

Demande au plongeur de

#### Réponse

Arrêter de palmer, se poser en train de faire. Rester at-qui demande "STOP"



s'arrêter ou d'arrêter ce qu'il fait.

sur le fond. Arrêter ce que l'on est tentif aux signes que va faire celui

Signe « JE N'AI PLUS D'AIR" ou "DONNE-MOI DE L'AIR ».



*Signification*

Signale que le plongeur ne peut plus respirer dans son détendeur. **C'est un cas sérieux et il faut agir rapidement et fermement.**

*Réponse*

S'approcher du plongeur et établir un contact physique en le tenant éventuellement par un bras (ce qui va le rassurer) ou par une partie de son équipement, sangle ou autre (la prise est plus sûre). Etablir aussi un contact visuel et le regardant bien dans les yeux.

Si possible, la main qui tient le plongeur est celle sur laquelle se trouvent les instruments permettant de contrôler la remontée. **A partir de ce moment le plongeur ne sera lâché aucun prétexte.**

Avec l'autre main, présenter au plongeur qui a besoin d'air **le détendeur que vous avez en bouche, en prenant bien soin de le faire fuser légèrement** (il est très probable que le plongeur en panne d'air soit aussi sur expiration). **Le détendeur que l'on donne ne doit être lâché sous aucun prétexte.**

Faire ainsi deux à trois échanges d'air (ne faire fuser que la première fois) puis demander si c'est "OK". Faire alors le signe "ON REMONTE" et commencer la remontée en poursuivant l'échange d'air. Comme il ne faut jamais lâcher le plongeur d'une part et qu'il ne faut jamais lâcher son détendeur quand il est donné au plongeur d'en face, ces deux signes ne peuvent être faits que quand celui qui donne de l'air a son détendeur dans sa bouche. C'est seulement à ce moment qu'il a une main de libre.

*Variante possible:* Après les deux ou trois premiers échanges, donner le second détendeur pour remonter et faire les éventuels paliers de décompression.

*Truc:* Si la situation n'est pas critique essayer de remonter en longeant le fond

*Celui qui demande de l'air*

RESTER CALME. Aider le plus possible celui qui donne de l'air. Tenir le plongeur qui vous assiste. De la main libre prendre le détendeur qui est proposé. Répondre calmement aux signes.

**Si la remontée doit être effectuée en échange d'air chaque plongeur doit en plus gérer son gilet.**

### Signe « ESSOUFFLEMENT ».

#### Signification

Signale que le plongeur est essoufflé. **C'est un cas sérieux et il faut agir rapidement et fermement.**

#### Réponse

S'approcher du plongeur et établir un contact physique en le tenant par un bras (ce qui va le rassurer). Etablir aussi un contact visuel et le regardant bien dans les yeux.

(Si possible, la main qui tien le plongeur est celle sur laquelle se trouvent les instruments permettant de contrôler la remontée.)

Faire le signe « STOP » et arrêter tout effort. Se poser sur le fond.

Avec la main libre appuyer sur la poitrine ou sur le ventre pour essayer de faire comprendre au plongeur essoufflé qu'il doit **expirer** au maximum (sortir le CO<sub>2</sub>)

Avec le signe "OK" lui demander si l'essoufflement passe.

Si le plongeur n'a aucune réaction il est alors nécessaire de lui proposer de REMONTER avec le signe "ON REMONTE"

Si le plongeur n'a toujours aucune réaction, entreprendre calmement une remontée assistée. (Ne pas attendre trop longtemps pour prendre la décision de remonter, surtout si vous jugez que la situation ne s'améliore pas )

De toutes façons il faut interrompre la plongée. Si la situation n'est pas critique essayer de remonter en longeant le fond.



#### Celui qui est essoufflé

RESTER CALME. S'arrêter, se poser sur le fond. EXPIRER A FOND, plusieurs fois de suite.

### Signe « JE SUIS SUR RESERVE »

#### Signification

Signale que le plongeur à tiré sa réserve ou que le manomètre immergeable indique 50 bar.

Cela signifie qu'il ne reste plus que 50 bar d'air dans la bouteille du plongeur qui fait ce signe.

#### Réponse

S'approcher du plongeur et établir un contact visuel et le regardant bien dans les yeux.

Avec le signe "OK" lui demander si "TOUT VA BIEN". Etre attentif au signe qu'il va faire pour répondre. Avec le même signe, il doit confirmer que "TOUT VA BIEN". Lui indiquer de REMONTER avec le signe "ON REMONTE", ce qu'il doit confirmer aussi. Commencer alors de remonter en longeant le

fond si possible.

#### S'il ne veut pas remonter

La situation pourrait devenir critique. Il faut obliger le plongeur à remonter. Au besoin, établir un contact physique en le prenant par le bras et répéter le signe "ON REMONTE" jusqu'à ce qu'il soit d'accord, confirme le signe de remontée et commence la remontée.



**Signe « RESTER A CETTE PROFONDEUR »**



*Signification*

Demande au plongeur de faire ce qu'il faut pour rester à la profondeur ou l'on se trouve.

*Réponse*

Confirmer que l'on a bien compris par le signe "OK" et, éventuellement, répéter le signe. Faire ce qu'il faut pour rester à la profondeur actuelle (équilibrage etc.).

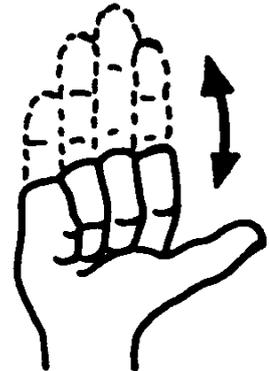
**Signe « EQUILIBRE » ou « GONFLE TON GILET »**

*Signification*

Demande au plongeur de faire ce qu'il faut pour s'équilibrer ou lui demande de gonfler son gilet.

*Réponse*

Confirmer que l'on a bien compris par le signe "OK" et faire ce qu'il faut pour s'équilibrer, pour gonfler son gilet.



**Signe « ON REMONTE »**

*Signification*

Indication que l'on désire remonter.

*Réponse*

Confirmer que l'on a bien compris par le signe "OK" et, éventuellement, répéter le signe.



**Signe « ON DESCEND »**

*Signification*

Indication que l'on désire descendre ou poursuivre la descente.

*Réponse*

Confirmer que l'on a bien compris par le signe "OK" et, éventuellement, répéter le signe.

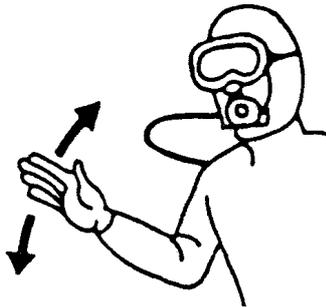
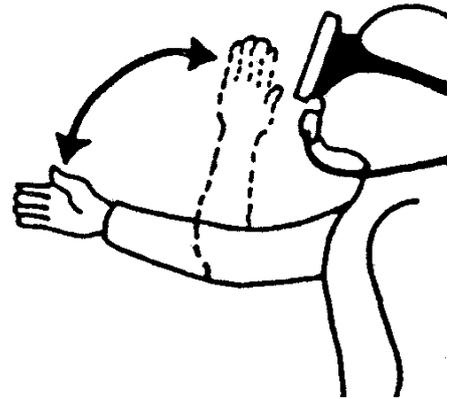
**Signe « DIRECTION »**

*Signification*

Indique la direction que l'on désire prendre.

*Réponse*

Confirmer que l'on a bien compris par le signe "OK" et, éventuellement, répéter le signe.



**Signe « PLUS LENTEMENT »**

*Signification*

Demande au plongeur de ralentir son palmage ou l'action qu'il exécute.

*Réponse*

Confirmer que l'on a bien compris par le signe "OK". Ralentir.

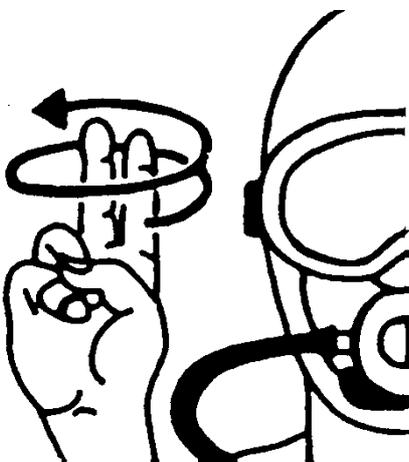
**Signe « PLUS VITE »**

*Signification*

Demande au plongeur d'accélérer son palmage ou l'action qu'il exécute.

*Réponse*

Confirmer que l'on a bien compris par le signe "OK". Accélérer.



**SIGNE « J'AI DES VERTIGES »**

*Signification*

Le plongeur à la tête « qui tourne », n'est pas bien.

*Réponse*

S'approcher du plongeur et établir un contact physique en le tenant par un bras (ce qui va le rassurer). Etablir aussi un contact visuel et le regardant bien dans les yeux.

Proposer de REMONTER avec le signe "ON REMONTE"

Si le plongeur n'a aucune réaction, entreprendre calmement une remontée assistée.

## SIGNE « J'AI UNE CRAMPE »

### SIGNIFICATION

Le plongeur signale qu'il est victime d'une crampe.

### Réponse

Faire le signe « STOP » et arrêter tout effort. Se poser sur le fond. Eventuellement prendre la palme du plongeur et l'aider à étendre la jambe pour faire passer la crampe. S'il n'y a pas d'amélioration, REMONTER.



## SIGNE « MON DÉTENDEUR EST EN DÉBIT CONTINU »

### Signification

Le détendeur du plongeur est en débit continu, « fuse »

### Réponse

S'approcher du plongeur et établir un contact physique. S'assurer qu'il respire sur son second détendeur. Si ce n'est pas le cas, lui donner **son** second détendeur. Prendre dans la main le tuyau du détendeur qui fuse et le suivre jusqu'à la robinetterie. FERMER LE ROBINET DU DÉTENDEUR QUI FUSE.

Revenir rapidement en face du plongeur pour s'assurer qu'il respire normalement sur l'autre détendeur.

**Le détendeur arrête de « fuser » mais ATTENTION, le plongeur ne peut plus disposer de l'inflateur éventuellement branché sur ce détendeur et l'indication du mano n'est plus valable.** Par le signe « OK » les plongeurs confirment que l'incident est maîtrisé. Il est nécessaire d'interrompre la plongée et remonter, éventuellement le long du bord. (Généralement la quantité d'air est tellement diminuée qu'il faut remonter).

Il est possible d'essayer d'ouvrir à nouveau le robinet du détendeur incriminé.

## EN SURFACE

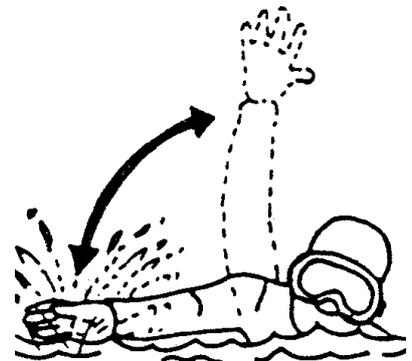
### SIGNE « DÉTRESSE, APPEL AU SECOURS »

#### Signification

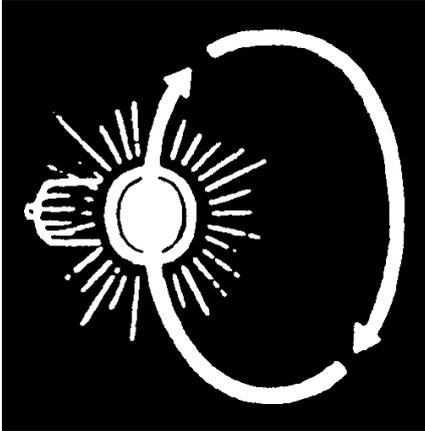
Appel au secours

#### Réponse

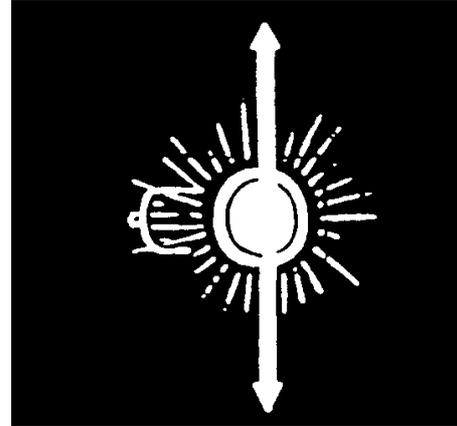
Aller rapidement vers le plongeur concerné



DE NUIT



Signe « Tout va BIEN »



«QUELQUE CHOSE NE VA PAS»  
ou « CA NE VA PAS »

## LE PARACHUTE DE PALIER

### JUSTIFICATION

Indispensable au plongeur qui effectue des paliers à l'oxygène pur le parachute de palier apportera confort et sécurité à tous les plongeurs qui effectuent un palier de décompression en pleine eau.

C'est aussi un instrument de sécurité puisqu'il permet à une palanquée de se signaler (plongée dans le courant) et indique aux surveillant de surface que tout va bien (plongée de longue durée). Enfin, l'envoi de deux parachutes pour une même palanquée permet aux plongeurs de signaler en surface qu'ils ont besoin d'aide (bouteille de réserve par exemple).

### DESCRIPTION

Ces parachutes se présentent généralement sous la forme d'un cylindre de 10-15 cm de diamètre pour une longueur de 150cm environ et sont réalisées en tissus ou en plastique.



Ils représentent en volume d'environ 30 litres.

Certains modèles sont équipés d'un bec de canard empêchant le parachute de se dégonfler une fois arrivé en surface. Une soupape permet d'éviter que le parachute n'éclate en cas de surpression (remontée) et permet de le vider pour le replier. Ces parachutes sont souvent de plus grande capacité (50 litres environs).

Chaque plongeur de la palanquée emportera un parachute de palier avec lui, généralement roulé en rangé dans une petite pochette munie d'un mousqueton permettant d'accrocher cette pochette au gilet.

Un petit bout de 2-3mm et d'une longueur de 7m environ est accroché au parachute. Ce bout est muni d'un poids, mousqueton ou petit plomb. Certains parachutes sont équipés de plaques de plomb sensées maintenir le parachute à la verticale dans l'eau...

### UTILISATION

Dès que le plongeur est arrivé dans la zone des paliers de décompression (6m. de profondeur ou plus si le bout est de longueur suffisante) il sort le parachute de sa pochette et le déroule devant lui. Le poids attaché au bout permet à celui-ci de couler et évite que le plongeur s'emmêle avec...

Puis, à l'aide du deuxième détendeur par exemple, le plongeur insuffle de l'air dans le parachute et le laisse remonter à la surface.

Il lui suffit alors, pour s'accrocher au bout, de faire une petite boucle et de fixer le tout au gilet avec un mousqueton.

### SIGNALISATION ET CAS DE PROBLÈME.

En Méditerranée française l'usage veut que si deux parachutes sortent pour la même palanquée cela signifie que la palanquée a des problèmes et a besoin de la bouteille de secours par exemple.

Le signal peut aussi être donné par le parachute qui est secoué de manière à monter-descendre.



Il est important de préciser quel signal sera utilisé car si chaque plongeur veut être à l'aise et que chacun envoie son parachute, ils risquent bien de voir soudain arriver le bloc de secours... et de se faire copieusement « engeuler » pour avoir déclenché la procédure de secours pour rien...

## **SIGNALISATION EN SURFACE**

Le parachute gonflé ressortira d'un bon mètre au dessus de la surface. Il signalera ainsi les plongeurs qui se retrouvent éloignés du bateau. En effet le parachute est bien plus visible qu'une ou deux têtes sortant juste de l'eau.

Si les plongeurs savent qu'ils sont recherchés avec des moyens aériens, hélicoptères ou avions, il peut être intéressant de dégonfler un parachute et de le disposer en longueur, à la surface. La tache orange ainsi formée sera plus visible des airs...

## IMPACT DU PLONGEUR SUR L'ENVIRONNEMENT

### CHARTRE INTERNATIONALE DU PLONGEUR RESPONSABLE

**CETTE CHARTRE EST UN GUIDE**  
*Ses propositions doivent être envisagées au cas par cas, tant les sites de plongée, les situations diffèrent d'un lieu à l'autre. Son objet est de pousser chacun à s'interroger, et à mettre en place les conditions de plongée optimales pour une préservation et un partage équitable des richesses de la mer.*

### 1 PREPAREZ VOTRE VOYAGE

Les centres de plongée n'offrent pas tous les mêmes prestations. Certains s'efforcent de protéger l'environnement et de partager plus équitablement les ressources naturelles avec les habitants du pays d'accueil. Cela leur coûte cher, vous coûte plus cher, mais, ensemble, vous contribuerez à la protection du milieu que vous aimez.

**Choisissez une agence** de voyage qui adhère à une charte éthique.

**Privilégiez les Centres de Plongée Responsables** qui sont concernés par la protection des fonds marins.

**Renseignez-vous sur les écosystèmes marins** que vous allez découvrir, sur les habitants du pays qui vous accueille.

### 2 AVANT LA PLONGÉE

- Remettez-vous en forme, entraînez-vous à gérer votre flottabilité : poumon-ballast, stab, lestage optimal.
- Informez-vous sur le site de plongée que vous allez découvrir, cela rendra votre plongée bien plus riche.
- Demandez une projection-présentation de l'écosystème à votre centre de plongée.
- Demandez la liste des espèces menacées, la liste des espèces protégées, les réglementations les concernant.
- Renseignez-vous sur les actions menées par le centre de plongée pour la protection du milieu.

### 3 SUR LE BATEAU

- Ne jetez rien par dessus bord.
- Refusez les assiettes et gobelets en plastique jetable.
- Demandez l'installations de poubelles sur le pont.
- Veillez à bien fixer détendeurs de secours et manomètres pour qu'ils ne s'accrochent pas.
- Choisissez des palmes courtes, peu agressives.

### 4 EN PLONGÉE

- Dès la mise à l'eau, pensez à vérifier votre lestage.
- Pensez à palmer doucement.
- Ne prélevez rien, sauf des images.
- Ne harcelez pas les animaux.
- Ne nourrissez pas les poissons.

### 5 APRES LA PLONGEE

- Economisez l'eau douce. C'est le bien le plus précieux.
- Demandez des installations qui évitent le gaspillage d'eau douce.

### 6 AGISSEZ EN CITOYEN RESPONSABLE

- N'achetez pas de souvenirs arrachés à la mer : dent de requin, carapace de tortue, coquillages...
- Boycotez les restaurants qui servent de la soupe d'aillères de requin, des tortues, des cétacés ou des poissons capturés à la dynamite ou au cyanure.
- Demandez aux restaurateurs comment sont pêchés les produits de la mer.





## LES AGENCES DE CERTIFICATION

L'école MZPLONGEE délivre des certifications CMAS swiss diving ou SDI, TDI. Ces certifications sont reconnues dans le monde entier et le plongeur breveté par MZPLONGEE ne rencontrera aucune difficulté pour se faire reconnaître.

### CMAS



La CMAS c'est la Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques. Elle a été fondée en 1959 et a actuellement son siège à Rome. Elle regroupe plus de 140 fédérations nationales et est ainsi présente partout dans le monde. La CMAS édite des standards de formation que les fédérations de chaque pays doivent adopter s'ils veulent délivrer des brevets ayant l'équivalence CMAS.

**CMAS**  est le représentant de la CMAS en suisse.  
swiss diving

### SDI



C'est une agence américaine. Elle a été développée par Bret Gilliam et Mitch Skaggs, les fondateurs de TDI. Elle est certifiée RSTC.

### TDI



TDI signifie Technical Diving International. C'est une organisation de formation américaine, fondée par Bret Gilliam en 1992. TDI n'édicte que des standards de formations pour le Technical Diving.



## Mauro Zürcher



Né le 09.10.1954,  
plonge depuis 1976.

**SDI - TDI - FRTI** Instructor Trainer

**ERDI - PFI** Instructor

**CMAS M\*\*\*\***

**Plongeur professionnel**, certification française CAH,  
classe 2b EQ/INPP-137/12-IIB

**PADI** MSDT

**RAB.eV** Instructor Trainer

**ETDS** Instructor Trainer

**NAUI** Instructor

Anime une école de plongée en eau douce, à la Neuveville, en Suisse, école active pour la formation de plongeurs et d'instructeurs SDI-TDI et pour la formation de plongeurs professionnels.

Formateur au sein du CREASSM, **Centre Romand d'Etudes en Archéologie Subaquatique** et **Sous-Marine** à Neuchâtel.

En tant que spécialiste de la plongée profonde, aux mélanges ou avec un recycleur, a plongé avec son équipe lors de records mondiaux pour assurer la sécurité des apnéistes profonds comme Roland Specker ou Umberto Pelizzari, Frédéric Buyle, Heimo Hanke etc...

A participé à plusieurs tournages de films, notamment au Mexique, dans les Cénotes du Yucatan, avec les requins marteaux de l'île Coco (Costa Rica) ou sur des épaves antiques de Méditerranée, en compagnie de Henri Delauze, le célèbre PDG de la Comex.

Contact :



MZ PLONGEE

---

Mauro Zürcher  
Diving Instructor Trainer

2520 La Neuveville

Suisse

Mobil +41 79 230 56 77

E-Mail [mauro@mzplongee.ch](mailto:mauro@mzplongee.ch)  
[www.mzplongee.ch](http://www.mzplongee.ch)





## ÉVALUATION DU COURS

COURS D\*\* CMAS                      DATE \_\_\_\_\_

Donné par: \_\_\_\_\_

\*\*\*\*\*

1) Quelle est votre impression générale ?

MAUVAISE

MOYENNE

BONNE

\*\*\*\*\*

2) L'objectif du cours a-t-il été atteint ?      NON      PARTIELLEMENT      OUI

POURQUOI ?

---

---

\*\*\*\*\*

3) Qu'est ce qui vous a particulièrement

plu

ou

déplu


\*\*\*\*\*

4) Que peut-on améliorer ?

---

---

\*\*\*\*\*

REMARQUES/SUGGESTIONS (éventuellement nom et prénom)

