



Formation N2 théorique

Cours Niveau 2 Patrick ROCHE

V0 / 07/01/2014

Exocet – Club de plongée / à la maison des associations, 1 Rue de Bazouin 44860 Sainte Pazanne

<http://www.exocet-plongee.com>

contact@exocet-plongee.com

N°FFESSM :03 44 0373



Table des Matières :

COURS N°1 : NOTIONS DE PHYSIQUE	5
1.1. LOI D'ARCHIMEDE	5
1.1.1. Définition	5
1.1.2. Notion de poids apparent	5
1.1.1. Exemples	5
1.2. LES PRESSIONS	6
1.2.1. Définition	6
1.2.2. Pression atmosphérique	6
1.2.3. Pression relative	6
1.2.4. Pression absolue	6
1.2.5. Applications à la plongée	6
1.3. LOI DE BOYLE-MARIOTTE	7
1.3.1. Mise en évidence	7
1.3.2. Expression de la loi	7
1.3.3. Exemples	8
COURS N°2 : LES ACCIDENTS DE PLONGEE - PREMIERE PARTIE	9
2.1. BAROTRAUMATISMES	9
2.1.1. Introduction	9
2.1.2. Les Sinus	11
2.1.3. Placage de masque	12
2.1.4. Les Oreilles	13
2.1.5. Les dents	15
2.1.6. Les poumons	16
2.2. LES ACCIDENTS BIOCHIMIQUES	18
2.2.1. Introduction	18
2.2.2. La Narcose (ou ivresse des profondeurs)	18
2.2.3. Essoufflement	19
COURS N°3 : LES ACCIDENTS DE PLONGEE - SECONDE PARTIE	20
3.1. CIRCUIT DE L'AIR	20
3.2. ACCIDENTS DE DECOMPRESSION	21
3.3. NOYADES	22
3.4. FROID	23
3.5. ACCIDENTS DUS AU MILIEU	24
NOTIONS D'UTILISATION DES TABLES DE PLONGEE - PREMIERE PARTIE	25
3.6. RAPPELS	25
3.7. POURQUOI A-T-ON BESOIN DE FAIRE DES PALIERS	25
3.7.1. Description du phénomène	25
3.7.2. Origine du problème	26
3.8. POUR EVITER L'ACCIDENT DE DECOMPRESSION	27
3.8.1. La vitesse de remontée	27
3.8.2. Les paramètres	27
3.8.3. La courbe de sécurité	27
3.8.4. Les paliers de décompression	28



3.8.5.	Les tables MN90	28
3.8.6.	La gestion de l'air.....	28
3.9.	APPLICATION	29
3.9.1.	Cas de la plongée simple.....	29
3.9.2.	Les plongées successives.....	30
COURS N°4 :	NOTIONS D'UTILISATION DES TABLES DE PLONGEE - SECONDE PARTIE	34
4.1.	PLONGEES CONSECUTIVES	34
4.2.	VITESSES DE REMONTEE INCORRECTE.....	35
4.2.1.	Remontée trop lente :.....	35
4.2.2.	Remontée trop rapide.....	35
4.3.	PROCEDURE EN CAS D'INTERRUPTION DE PALIER	36
COURS N°5 :	LA REGLEMENTATION.....	37
5.1.	NIVEAUX DE PLONGEE	37
5.1.1.	Les niveaux de plongeurs.....	37
5.1.2.	Les niveaux d'encadrants.....	37
5.2.	PAPIERS A FOURNIR.....	38
5.2.1.	La licence	38
5.2.2.	Certificat médical.....	38
5.2.3.	Bloc	38
5.2.4.	Conclusion.....	39
5.3.	LES PAVILLONS.....	39
COURS N°6 :	LE MATERIEL.....	40
6.1.	LE COMPRESSEUR	40
6.1.1.	Principe	40
6.1.2.	Utilisation.....	41
6.2.	BLOC	41
6.2.1.	Modèle / Identification	41
6.2.2.	Robinetterie	43
6.2.3.	Ré-épreuve / entretien.....	43
6.3.	LE DETENDEUR.....	44
6.3.1.	Principe	44
6.3.2.	Le montage des accessoires.....	47
6.4.	LES AUTRES ELEMENTS.....	47
6.4.1.	Bouchon du premier étage du détendeur	47
6.4.2.	Le manomètre.....	47
6.4.3.	La combinaison	47
6.4.4.	Timer & Ordinateur.....	47
6.4.5.	Lampe	47
6.4.6.	Parachute de palier.....	47
6.5.	REGLES DE SECURITE - ORGANISATION	47
6.5.1.	Bateau au quai.....	47
6.5.2.	Pendant le trajet.....	48
6.5.3.	Sur le site.....	48
6.5.4.	Mise à l'eau.....	48
6.5.5.	Descente	48



6.5.6.	<i>Au fond</i>	48
6.5.7.	<i>La remontée</i>	49
6.5.8.	<i>En surface</i>	49
6.5.9.	<i>Sur le pont</i>	49
6.5.10.	<i>Pendant le retour</i>	49

Propriété d'EXOCET - Club de plongée



Cours n°1 : Notions de physique

1.1. Loi d'Archimède

1.1.1. Définition

"Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la part de celui-ci une poussée verticale, dirigée du bas vers le haut, égale au poids du volume du fluide déplacé, et appliquée au centre de gravité du volume du fluide déplacé".

1.1.2. Notion de poids apparent

Le poids apparent est la différence entre le poids réel d'un corps et la poussée d'Archimède qu'il reçoit :

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

- Si Poids réel $>$ Poussée : Le corps coule, sa flottabilité est négative.
- Le poids apparent est positif.
- Si Poids réel $<$ Poussée : Le corps flotte, sa flottabilité est positive.
- Le poids apparent est négatif.
- Si Poids réel = Poussée : Le corps est en équilibre, sa flottabilité est nulle.
- Le poids apparent est nul.

1.1.1. Exemples

Considérons une amphore de 20 litres, de poids 38 kgs

- Le volume d'eau déplacé par l'amphore est 20 litres, soit 20 un poids de 20 kgs. Le poids apparent est donc $(38 - 20) = 18$ kgs. Elle coule.
- Soit un caisson d'appareil photo de volume 3 litres, de poids réel 1,5 kg.
- Son poids apparent est $(1,5 - 3)$ soit -1,5 kg. Pour rendre nulle la flottabilité, il faut lester le caisson de 1,5 kg.
- Ordres de grandeur :
- Un bloc 12 l 230 bars Poids réel 17 kgs Poids apparent 5 kgs
- Un bloc 15 l 200 bars Poids réel 18,2 kgs Poids apparent 3,2 kgs
- Un bi 2X9 l 200 bars Poids réel 2X10 kgs Poids apparent 2 kgs



1.2. Les pressions

1.2.1. Définition

Soient P la pression en bars

F une force en kgs

S une surface en cm^2 ;

L'expression de P est la suivante : $P = F / S$

Une pression est une force appliquée sur une surface. Par définition, une pression de 1 bar correspond à l'application d'une force de 1 kg sur une surface de 1 cm^2 .

1.2.2. Pression atmosphérique

Elle est due au poids de l'air situé au-dessus de nous. Lorsque nous montons, la pression atmosphérique diminue. Au niveau de la mer elle a une valeur d'environ 1 bar, à 5000 mètres elle ne vaut plus qu'à peu près 0,5 bar.

1.2.3. Pression relative

Appelée aussi pression hydrostatique, elle correspond à l'application du poids de l'eau sur un corps. Elle varie donc évidemment avec la profondeur, selon l'expression suivante (profondeur en mètres) : $P \text{ rel.} = \text{Profondeur} / 10$

1.2.4. Pression absolue

C'est finalement la pression que l'on subit sous l'eau : $P \text{ abs.} = P \text{ atm.} + P \text{ rel.}$

Exemple : à 22 mètres la pression absolue vaut $(1 + 2,2) = 3,2$ bars.

1.2.5. Applications à la plongée

Pour le matériel, les accidents, ...

Attention aux variations de pression qui sont d'autant plus importantes que l'on est proche de la surface :

A 20 m. $P \text{ abs.} = 3$ bars, à 30 m. $P \text{ abs.} = 4$ bars.

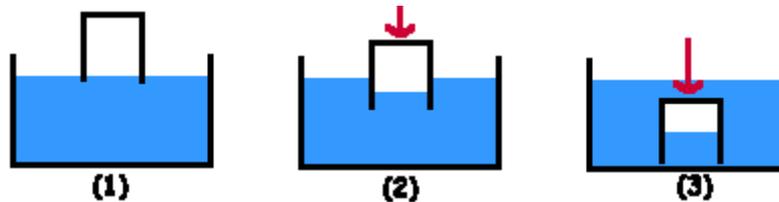
Passage de 20 à 30 m. : La pression est multipliée par 1,33 sur 10 m.

A la surface $P \text{ abs.} = 1$ bar, à 3,33 m. $P \text{ abs.} = 1,33$ bar.

Passage de la surface à 3,33 m. : La pression est multipliée par 1,33 sur 3,33 m.

1.3. Loi de Boyle-Mariotte

1.3.1. Mise en évidence



Soit un récipient rempli de liquide. On retourne un verre vide à sa surface. Le volume d'air contenu dans le verre correspond au volume intérieur du verre (schéma 1). Lorsque l'on immerge le verre dans le liquide, la pression augmente (schéma 2 & 3). Plus le verre est enfoncé, plus on remarque que du liquide remonte à l'intérieur du verre. Pourtant, aucune bulle d'air ne s'échappe du verre. Ainsi, on constate que le volume d'air diminue lorsque la pression augmente.

1.3.2. Expression de la loi

L'expression de la loi de Boyle-Mariotte est la suivante :

Soient P la pression d'un gaz (en bars), V son volume (en litres), n le nombre de moles de gaz contenues dans le volume V , R la constante des gaz parfaits et T la température (en Kelvins). Pour un gaz parfait on a : $P.V = n.R.T$

La composition de l'air est telle que son assimilation à un gaz parfait est tout à fait possible. On peut donc appliquer cette loi à l'air, ce qui donne, à température constante :

$$P.V = \text{constante ou encore } P1.V1 = P2.V2$$

Ainsi lorsque la pression augmente, le volume diminue. De même, lorsque la pression baisse, on observe une augmentation du volume.



1.3.3. Exemples

- On a un volume pulmonaire de 5 litres. A 30 mètres, si l'on bloque sa respiration poumons pleins et que l'on remonte, quel est le volume pulmonaire en surface ?
- Soient : 1 l'état des poumons à 30 mètres, 2 leur état à la surface.
- $P_1 = P_{atm.} + P_{rel.} = 1 + 3 = 4$ bars.
- $P_2 = P_{atm.} = 1$ bar.
- On a $P_1.V_1 = P_2.V_2$ d'où $V_2 = 4 * 5 / 1 = 20$ litres (Pas très bon tout ça...)
- Calcul d'autonomie :
- On dispose d'un bloc de 12 litres gonflé à 200 bars, à une profondeur de 20 mètres en consommant 20 litres par minute en combien de temps est-on sur réserve ?
- On sera sur réserve après avoir consommé 150 bars de pression, ce qui représente un volume de $150 * 12 = 1800$ litres. A 20 mètres, soit 3 bars, on a $V_2 = 150 * 12 / 3 = 600$ litres. En consommant 20 l / mn, la réserve sera atteinte en $600 / 20 = 30$ mn.



Cours n°2 : Les accidents de plongée - Première partie

2.1. Barotraumatismes

2.1.1. Introduction

Baro : relatif à la pression

Traumatisme : Lésion

Le problème est la variation de la pression, pas la pression elle-même.

Un barotraumatisme est donc lié à la notion de variation de profondeur.

Le corps humain est composé d'environ 80 % de liquide, du solide, et des cavités gazeuses. Les 80 % de liquide et les parties solides étant incompressibles, le problème vient des cavités gazeuses, dont le volume d'air emprisonné varie selon les variations de profondeur, donc de pression.

Profondeur (m)	Pression relative (bars)	Pression absolue (bars)
0	0	1
3,33	0,33	1,33
10	1	2
20	2	3
30	3	4
40	4	5
50	5	6

Les problèmes surviennent de manière plus importante vers la surface car la pression y varie plus vite :

Passage de 30 m à 20 m : on passe de 4 à 3 bars, V devient $(1,33 * V)$ en 10 m.

Passage de 3,33 m à la surface : on passe de 1,33 à 1 bar, V devient $(1,33 * V)$ en 3,33 m. Même variation en trois fois moins de distance.

Note : Pour caractériser les accidents décrits dans ce cours, les images suivantes seront utilisées :



CSES

Les causes possibles de l'accident, le cas échéant.

SPTÔM

Les symptômes, ressentis ou apparents.

C.A.T.

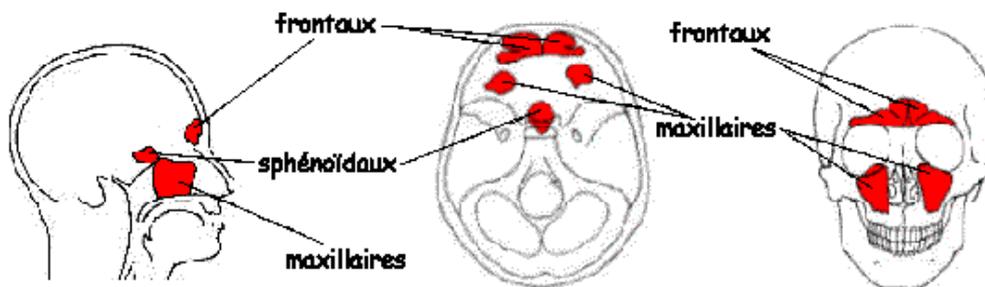
La conduite à tenir, face au problème.

PREVT

La prévention, à respecter pour éviter l'accident.

Propriété d'EXOCET - Club de plongée

2.1.2. Les Sinus



CSES

Les sinus sont tapissés de muqueuse. Si un sinus est bouché, il constituera une cavité fermée qui subira les variations de volume dues aux changements de pression.

A la descente, l'air se comprime, d'où création d'une dépression : risque de décollement de muqueuse. Inversement si le sinus se bloque à la remontée, une surpression se crée d'où risque d'éclatement.

SPTÔM

- Douleurs faciales
- Impression de mal de dents
- Saignements au niveau du nez, des pommettes
- Evacuation de muqueuses

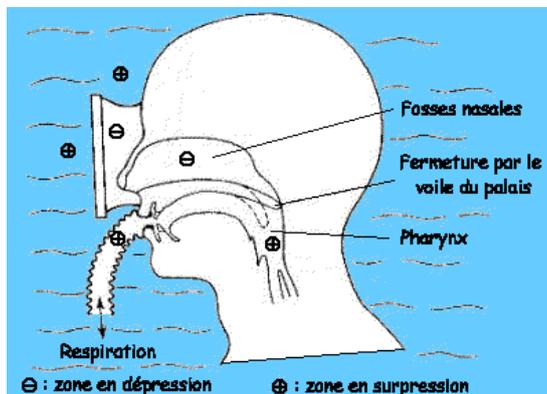
C.A.T.

- Stopper la descente ou la remontée
- Si le problème survient à la remontée, remonter le plus doucement possible
- Enlever le masque, se moucher, secouer la tête
- Si les douleurs persistent après le retour en surface, consulter un O.R.L.

PREVT

- Ne pas plonger en cas de rhume, sinusite
- Rincer les muqueuses au sérum physiologique avant de plonger

2.1.3. Placage de masque



CSES

Il est dû aux variations de pression du volume d'air contenu dans le masque. Selon la pression et la variation il y a création d'une surpression ou d'une dépression. On parle de placage de masque car seule la dépression est possible ; en effet, les surpressions créées se régulent d'elles-mêmes par évacuation de l'air, à moins que le masque soit très serré, ce qui est peu envisageable car il prendrait l'eau. Ce phénomène de placage concerne les yeux et le nez.

SPTÔM

- Douleurs oculaires
- Les paupières gonflent, elles deviennent violacées, possible apparition de cocards
- Saignements de nez
- Les yeux sont injectés

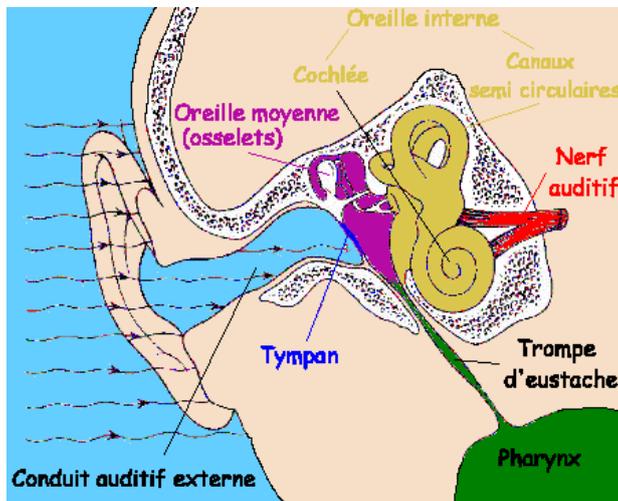
C.A.T.

- Ne PAS arracher le masque !!! Passer délicatement un doigt sous la jupe du masque pour faire rentrer l'eau
- Après le retour en surface, consulter si besoin un ophtalmologiste
- En cas de saignement de nez, pencher la tête en avant, pas en arrière
- Si les douleurs persistent, ne pas plonger pendant 1, 2, ... jours

PREVT

Souffler par le nez de temps à autre avant l'apparition d'un placage trop important

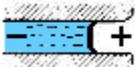
2.1.4. Les Oreilles



CSES

La manœuvre de Valsalva permet de régler la pression d'air à l'intérieur de l'oreille interne par le biais de la trompe d'Eustache.

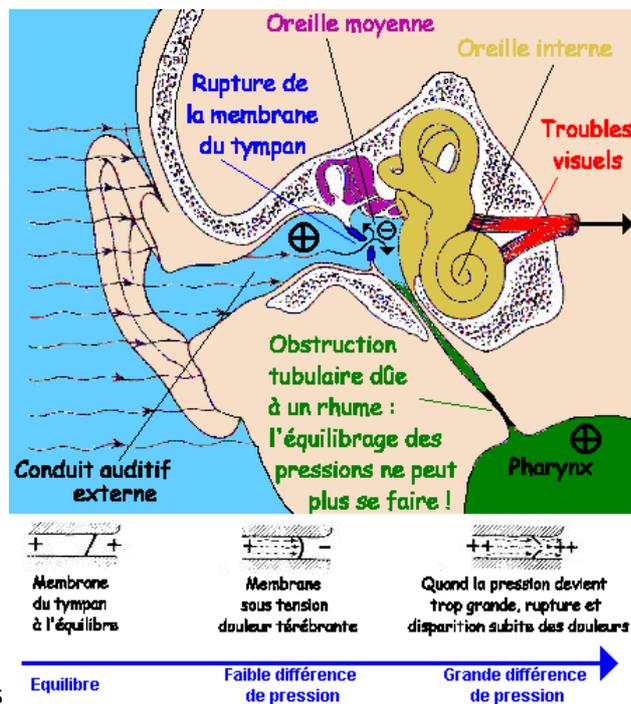
Si la trompe d'Eustache est bloquée, deux configurations peuvent se présenter :

 <p>Configuration de descente : Augmentation de la pression extérieure</p>	 <p>Configuration de remontée : Baisse de la pression extérieure</p>
---	---

En fait l'air passe beaucoup plus facilement de l'oreille interne au pharynx que l'inverse donc on ne rencontre pas trop de problèmes à la remontée mais plutôt à la descente.

SPTÔM

- Déformation du tympan d'où gêne (ne pas attendre...)
- Fissure du tympan : douleur vive, crépitement dans les oreilles, froid, vertiges
- Déchirement du tympan : douleur telle que la syncope survient dans 90 % des cas



- Saignements

C.A.T.

- Stopper la descente ou la remontée !
- Ne pas forcer, aller lentement
- Si le problème persiste, ne pas insister, fin de plongée
- Si les douleurs perdurent en surface, envisager de consulter un O.R.L.
- En cas d'apparition de vertiges, mettre sous O2, voire envoi en caisson

Attention ! : Ne jamais mettre de gouttes ! Si le tympan est percé, le passage du produit dans l'oreille moyenne peut entraîner une surdité définitive !

PREVT

- Compenser régulièrement (Valsalva, BTV (Béance Tubulaire Volontaire), déglutition)
- A la remontée, si besoin, effectuer Toynbee (se pincer le nez et déglutir), surtout pas Valsalva ! (aggrave le problème)
- Ne pas mettre de bouchons dans les oreilles (à moins de vouloir les retrouver dans le crane...)
- Ne pas forcer
- Ne pas plonger en cas de rhume, otite, etc.
- Se rincer les oreilles à l'eau douce après la sortie



2.1.5. Les dents

CSES

Des problèmes peuvent survenir si par exemple un plombage n'est pas assez enfoncé, bref, d'une manière générale en cas d'existence d'une cavité d'air dans la dent. A la descente l'air se comprime, le plombage peut être déplacé. Lors de la remontée, dans le meilleur des cas le plombage est éjecté, dans le pire c'est la dent qui éclate.

SPTÔM

- Douleur : d'une sensation de piqure d'abeille à celle d'un coup de pioche dans la dent !
- Le plomb peut sauter
- La dent peut éclater

Ces symptômes engendrent une telle douleur qu'ils entraînent généralement une syncope.

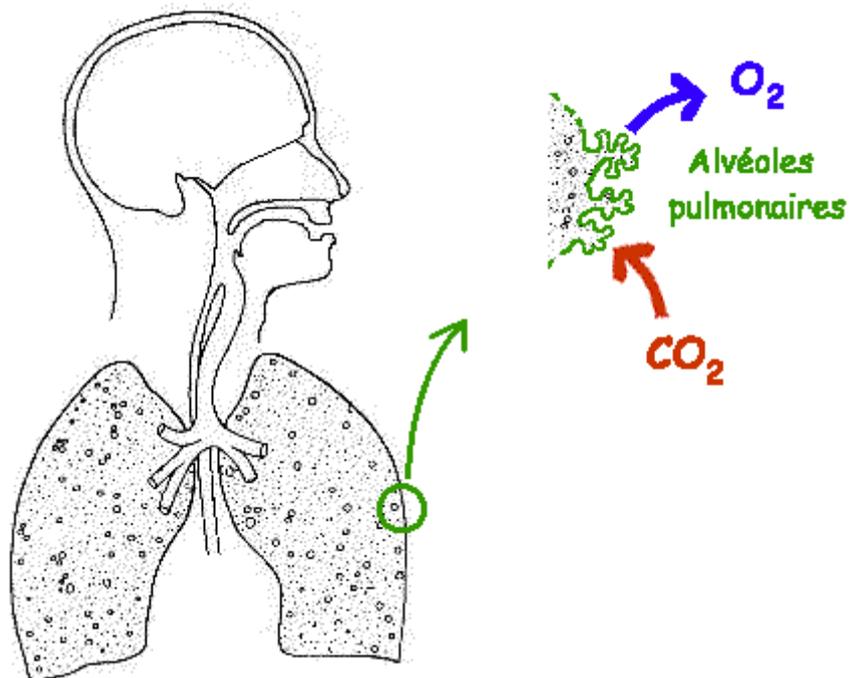
C.A.T.

- Pas de surprise, se rendre dans les plus brefs délais chez un dentiste

PREVT

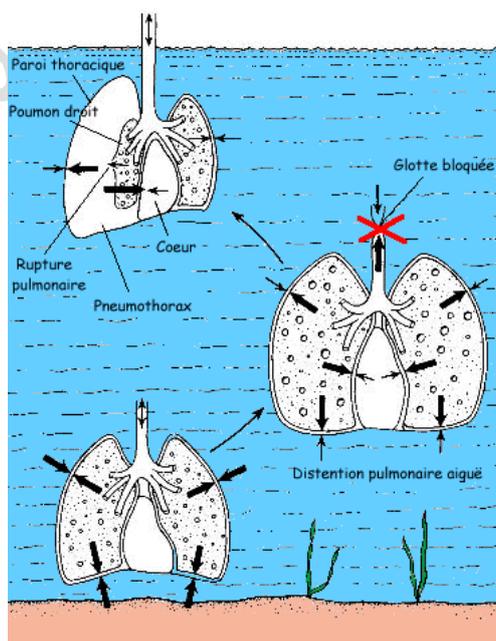
- Conserver une bonne hygiène dentaire
- Prévenir son dentiste, lors des contrôles ou interventions, que l'on pratique la plongée

2.1.6. Les poumons



Au niveau des poumons c'est le risque de surpression pulmonaire qui nous guette. Cet accident est le plus dangereux, le plus traître, le plus grave.

Il n'y a pas de risque à la descente puisque l'air se comprime, c'est une dépression. En revanche à la remontée, la surpression générée peut entraîner un éclatement des poumons. Par exemple : poumons pleins (~ 5 litres) à 10 mètres, si la respiration est bloquée jusqu'à la surface, le volume d'air a augmenté jusqu'à 10 litres, ce qui correspond à un éclatement des poumons.



CSES

- Remontée panique
- Asthme
- Gros fumeur
- Valsalva à la remontée (qui entraîne un blocage du cycle respiratoire)

SPTÔM

On peut distinguer deux types de symptômes pour cet accident :

Symptômes mécaniques :

- Distension alvéolaire entraînant une gêne respiratoire (Attention ! Il est déjà presque trop tard...) : les alvéoles des poumons sont distendues et se colles entre elles, empêchant un bon échange gazeux
- Déchirement des parois pulmonaires : douleur vive, voire très violente, ainsi que toux, crachats sanglants, angoisse, bleuissements
- Passage de bulles dans le milieu interne, qui remontent et compressent le cœur et les poumons
- Emphysème sous-cutané (crépité sous les doigts)

Symptômes neurologiques :

- Les bulles passent dans les carotides et remontent jusqu'au cerveau
- Syncope
- Paralysies diverses
- Arrêt cardiaque et ventilatoire

PREVT

- Ne pas bloquer sa respiration !
- Attention lors d'échange d'embout, de remontée sans embout, de photographie (concentration et précision entraînent un passage en apnée)
- Ne jamais donner d'air à un apnéiste (qui de par son activité ne se soucie pas d'expirer lors de sa remontée)

C.A.T.

Mettre le plongeur sous O²

Faire évacuer l'accidenté le plus rapidement possible



2.2. Les accidents biochimiques

2.2.1. Introduction

Tous les gaz deviennent toxiques à partir d'une certaine pression partielle

Rappel : Loi de Dalton : $P_p(X) = P_{\text{tot.}} \cdot \% (X)$

Composition de l'air : 80 % N₂ + 20 % O₂ + traces de CO₂, Argon, ...

2.2.2. La Narcose (ou ivresse des profondeurs)

CSES

Pp(N₂) trop importante (~ 5,6 bars)

SPTÔM

Peuvent apparaître dès 30 mètres. Tout le monde y est sujet à partir de 70 mètres

- Bien-être
- Augmentation du dialogue intérieur
- Confiance en soi excessive
- Raisonnement troublé
- Augmentation du délai de réponse
- Diminution de l'attention
- Altération de la vision
- Disparition de la notion de temps
- Focalisation (sur ses instruments, un élément du paysage, ...)
- Gestes répétitifs
- Stupeur
- Hallucinations
- Angoisses
- Sueurs froides
- Inconscience

C.A.T.

- Informer le moniteur
- Remonter jusqu'à ce que les symptômes disparaissent, ce qui est immédiat à la remontée

Il existe de nombreux facteurs favorisant l'apparition de la narcose :

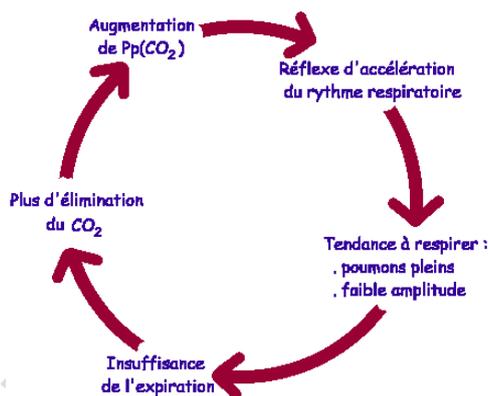
- Etat physique et psychologique de la personne (fatigue, stress, etc.)
- Froid
- Manque de visibilité et obscurité
- Efforts excessifs
- Essoufflement
- Descente rapide (très favorisant)

En conséquence, NE PAS effectuer de course à la profondeur ! Rester en deçà des 40 mètres.

2.2.3. Essoufflement

CSES

L'essoufflement est dû à une pression partielle de CO₂ trop élevée. Il apparaît et s'auto entretient par un cycle ayant une durée d'environ 2 minutes :



SPTÔM

- Augmentation du rythme ventilatoire
- Maux de tête
- Nausées, vomissements, vertiges
- Attention au rejet d'embout ! Une personne essoufflée ressent un manque d'air et en arrive à penser que son embout l'empêche de respirer correctement.
- Attention aux remontées paniques

C.A.T.

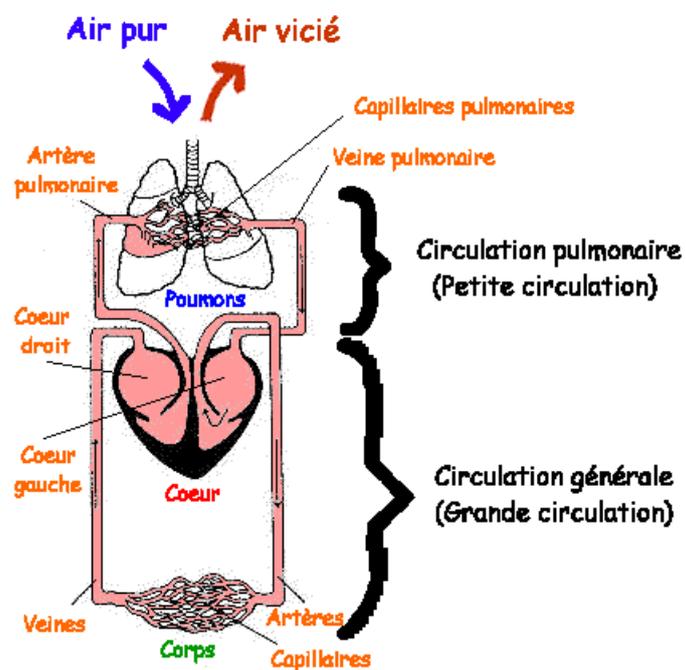
- Arrêter tout mouvement (s'accrocher dans la mesure du possible)
- Forcer son expiration
- Signaler le problème aux autres
- Remonter le plongeur (l'essoufflement ne passe pas sous l'eau (effet de pression))

Cours n°3 : Les accidents de plongée - Seconde partie

3.1. Circuit de l'air

Le circuit de l'air dans notre corps est le suivant :

- Air pur : Inspiration vers les poumons, puis au cœur et enfin aux organes
- Air "vicié" : Des organes au cœur, puis aux poumons et enfin expiration.



3.2. Accidents de décompression

Définition :	"Toute pathologie liée à un dégazage anarchique lors de la remontée"
CSES	<ul style="list-style-type: none"> • Non-respect des tables de plongée et donc de la vitesse de remontée • Essoufflement • Effort physique important d'où augmentation des échanges gazeux • Froid • Stress • Adiposité • Valsalva effectué à la remontée
SPTÔM	<ul style="list-style-type: none"> • Environ 95 % des A.D.D. se déclarent dans les 6 heures qui suivent la plongée • 100 % des A.D.D. se déclarent dans les 12 heures • Fatigue anormale par rapport à l'effort fourni • Démangeaisons, boursouffures, fourmillements : air sous-cutané, intramusculaire, etc. (<i>bends</i>) • Respiration difficile • Problèmes urinaires • Troubles des sens et de la parole • Paralysies : air dans les articulations ou la colonne vertébrale ou le cerveau !
C.A.T.	<ul style="list-style-type: none"> • Sortir de l'eau • Prévenir sans attendre une personne compétente • Mettre sous O₂ • Boire de l'eau plate • Administrer de l'aspirine non effervescente et prévenir et surveiller toute la palanquée concernée (tout le monde part au caisson)
PREVT	<ul style="list-style-type: none"> • Respect des tables de plongée et des vitesses de remontée afin de laisser le temps au dégazage de se faire dans de bonnes conditions (voir Loi de Henry, cours n° 1) • En cas de remontée catastrophe, redescendre effectuer un palier de 5 mn à mi-profondeur puis reprendre la procédure de fin de plongée avec ces nouveaux paramètres (voir cours n° 5) • Doubler les temps de palier lorsqu'on les effectue à 2 sur un embout (car on effectue alors 2 fois moins de cycles ventilatoires) • Ne pas faire d'efforts après la plongée car les bulles peuvent repartir • Ne pas effectuer d'apnée après la plongée (même raison)

3.3.Noyades

<p>Définition :</p>	<p>"Arrêt respiratoire dû à l'inhalation ou à l'ingestion d'eau" Elle peut être liée à deux causes : primaire ou secondaire</p>
<p>CSES</p>	<p><u>Noyade primaire</u> : Il s'agit d'un nageur ou plongeur submergé par la fatigue physique ou d'un non nageur inexpérimenté. <u>Noyade secondaire</u> : Due à une syncope dans l'eau (apnéiste par exemple)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingestion de 2 à 5 litres d'eau entraînant un échange de sel au niveau du sang dans l'intestin d'où dérèglement de l'organisme, diarrhées, etc. • Inhalation d'environ un demi-verre d'eau. Situé dans les poumons, ce volume induit des problèmes d'échanges gazeux
<p>SPTÔM</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conscience anormale en fonction de la quantité d'eau ingérée et inhalée • Froid, épuisement, gêne respiratoire, toux • Vomissements, cyanose des lèvres • Œdème pulmonaire, pouls filant, coma, mort
<p>C.A.T.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Agir très vite</u> : bilan rapide de la respiration, conscience, du pouls (circulation) • Noter le profil de la plongée • Alerter les secours • Libérer les voies aériennes • O2 / H2O / Aspirine
<p>PREVT</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Savoir nager ! • Attention à la fatigue (traître) • Plonger avec du matériel en bon état • Ne jamais plonger seul • Posséder une bonne technicité • Facteurs favorisant la noyade : froid, narcose, panique

3.4.Froid

<p>Définition :</p>	<p>"Quand la température est inférieure à la température du corps" (un peu pourri comme définition, mais c'est celle du dico...) Il en existe deux types : 1/ Déperdition calorifique 2/ Choc thermo différentiel</p>
<p>CSES</p>	<p>1/</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eau froide • Fatigue • Combinaison non adaptée ou non ajustée • Immobilisme (par exemple lors des paliers) • Mauvaise alimentation (les sucres lents sont mieux que ceux rapidement assimilables) <p>2/ Hydrocution : passage brusque à une température nettement inférieure à celle du corps, par exemple après une exposition au soleil</p>
<p>SPTÔM</p>	<p>1/</p> <ul style="list-style-type: none"> • Commence par les extrémités • Chair de poule, crampes • Impossibilité de tenir en apnée, envie d'uriner • Augmentation du rythme respiratoire, rigidité musculaire • Envie de dormir, perte de connaissance • La mort survient si le corps atteint une température inférieure à 32 °C <p>2/</p> <ul style="list-style-type: none"> • Syncope • Malaise général • Bourdonnements • Troubles de la vue
<p>C.A.T.</p>	<p>1/</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fin de la plongée • En surface, sécher (PAS par friction sinon le sang afflue en surface et dessert les organes) • Réchauffer, administrer une boisson chaude et sucrée • NE PAS donner d'alcool • Enlever la combinaison <p>2/</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sortir de l'eau • Ranimer si nécessaire • Administrer une boisson chaude et sucrée rapidement assimilable • Réchauffer

PREVT

- Limiter les changements de température
- Ne pas "lézarder" au soleil avant de plonger
- S'asperger d'eau avant l'immersion
- Entretenir une bonne forme physique
- Choisir son alimentation : la veille au soir, les pâtes sont mieux que les frites...
- Ne pas sous-estimer cet accident qui peut être dangereux et en induire ou en aggraver d'autres...

3.5. Accidents dus au milieu

- Attention à la perte de palanquée : inattention, mauvaise visibilité, courant, etc. Si on se retrouve seul, on cherche maximum 1 à 2 minutes, en remontant légèrement pour chercher les colonnes de bulles. En cas d'échec, on remonte en suivant la procédure, puis on se rejoint en surface
- Attention aux poissons : Vives, murènes, rascasses, congres, etc.
- En cas de plongée sous plafond (épaves, grottes) : attention aux tôles et objets coupants, au soulèvement de la vase
- Munitions , filets
- Bateaux (et planches à voiles, etc.) : attention avant de faire surface et se méfier lors des paliers

Notions d'utilisation des tables de plongée - Première partie

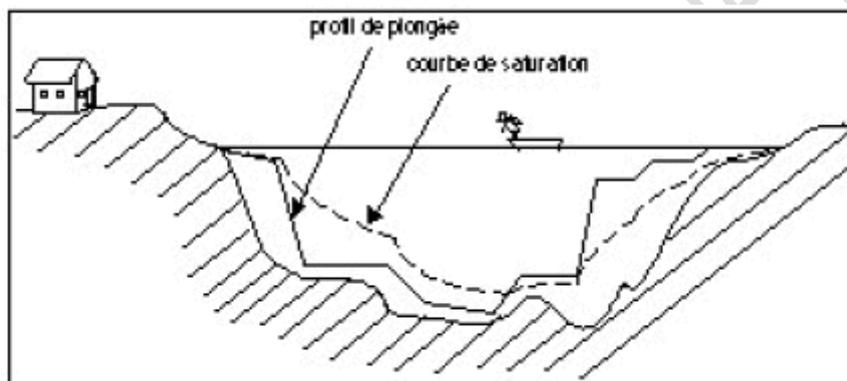
3.6. Rappels

- La saturation et la désaturation : phénomènes qui s'étalent dans le **temps** (évolution)
- Loi de Mariotte : $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

3.7. Pourquoi a-t-on besoin de faire des paliers

3.7.1. Description du phénomène

Pendant la plongée, l'organisme est soumis à une pression qui dépend de la profondeur. En permanence, un équilibre va tenter de s'établir entre la pression des gaz présents dans les poumons et la pression partielle des mêmes gaz dissous dans les tissus qui constituent le corps.



- A la descente l'organisme va progressivement se saturer en azote (phase de stockage) pour essayer de rétablir l'équilibre.

Pendant cette phase, l'organisme est sous-saturé.

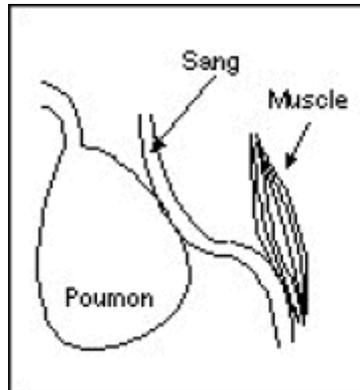
Le corps étant composé de différents tissus (sang, muscles, peau, système nerveux, os,...), chaque tissu va se saturer à son propre rythme.

- A la remontée l'organisme va progressivement se désaturer en évacuant l'excédent d'azote contenu dans les tissus.

L'organisme cherche en permanence à revenir à l'équilibre qui est : pression partielle de l'azote contenu dans les poumons = pression partielle de l'azote contenu dans chaque tissu.

Pendant cette phase, l'organisme est sursaturé.

Ces échanges se font entre les poumons et tout le système de circulation sanguine (air/sang), puis entre le sang et les autres parties de l'organisme (sang/muscle,...).



On notera que seul l'azote nous pose un problème de désaturation dans la mesure où :

- l'oxygène est minoritaire dans la composition de l'air. Le problème est donc moindre.
- le corps consomme de l'oxygène, l'excédent ne reste pas longtemps excédentaire.

3.7.2. Origine du problème

Les échanges gazeux sont d'autant plus importants que le déséquilibre est grand.

- Un plongeur descend à une certaine profondeur et y reste suffisamment longtemps. Son organisme va stocker une certaine quantité d'azote. Cette phase de la plongée ne nous pose pas de problème particulier.
- Ce même plongeur décide de remonter à la surface. Son organisme va rejeter de l'azote. Cela se traduit par :

- un rejet d'azote dans le sang par les autres tissus,
- un rejet d'azote par le sang lui-même,
- enfin par une évacuation de cet azote au niveau des poumons.

Si la remontée est progressive et ponctuée de paliers, tout l'azote excédentaire, véhiculé par le sang sous forme de micro-bulles, sera piégé par le filtre pulmonaire. Pas de problème.

Par contre, si la remontée est trop rapide :

- le nombre de micro-bulles générées sera plus important (dépend du déséquilibre des pressions partielles). On a un phénomène de dégazage anarchique.
- les micro-bulles vont grossir au fur et à mesure que la pression diminue avant d'arriver aux poumons.
- le filtre pulmonaire ne sera pas aussi efficace avec des "grosses" bulles qu'avec des micro-bulles.

On va vers l'accident de décompression, car l'organisme n'a pas été prévu pour fonctionner avec plein de grosses bulles dans le sang !!



3.8. Pour éviter l'accident de décompression

3.8.1. La vitesse de remontée

vitesse de remontée jusqu'au 1er palier : **15 à 17 m/min**

Rappel : Mariotte à la fâcheuse tendance à amplifier certains phénomènes quand on se rapproche de la surface -- bien maîtriser sa vitesse de remontée près de la surface.

3.8.2. Les paramètres

Profondeur :

Profondeur maxi atteinte au cours de la plongée (arrondie au mètre supplémentaire),

Temps de plongée :

Temps écoulé entre l'immersion et le moment où on décide de remonter à vitesse fédérale (15 m/min) (arrondie à la minute supplémentaire),

Heure de sortie :

Heure à laquelle on arrive en surface, après avoir fait les paliers nécessaires,

Groupe de plongée successive :

Information qui quantifie le niveau de saturation de l'organisme. Cette information est utile pour calculer les paliers d'une deuxième plongée dans la même journée.

3.8.3. La courbe de sécurité

C'est la limite au-delà de laquelle les paliers deviennent obligatoires.

Profondeur maxi	12 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m
temps de plongée	2 h 15 mn	1 h 15mn	40 mn	20 mn	10 mn	10 mn	5 mn



3.8.4. Les paliers de décompression

- Paliers qui permettent à l'organisme de désaturer dans de bonnes conditions (dégazage contrôlé). Un palier est une profondeur minimum à respecter.

Attention : ne pas prolonger les paliers (en dehors du palier à 3 m) car certains tissus continuent de se saturer.

- Le passage d'un palier au palier suivant doit se faire en 30 secondes.

- Le passage du dernier palier jusqu'à la surface doit se faire en 30 secondes.

- Si un palier venait à être interrompu (remontée vers la surface), il devra être recommencé depuis le début.

Rappel : Même lorsqu'il n'est pas nécessaire, un palier de principe de 3 min à 3 m est conseillé.

3.8.5. Les tables MN90

Ce sont les tables choisies par la fédération, mais il en existe d'autres : GERS, COMEX, BULHMANN...

Les tables MN90 ont été recalculées par la Marine Nationale en 1990 sur un modèle physiologique équivalent à un homme, jeune, en bonne condition physique, ...

Sur les tables immergeables, on retrouve :

La profondeur maxi atteinte pendant la plongée (6 m, 8 m, 10 m ...),

Le temps de plongée (15 min, 30 min, 45 min, ...),

Les paliers à faire à 9 m, 6 m, 3 m,

Le groupe de plongée successive (A, B, C, D, E, ...),

Le nécessaire pour calculer la majoration

Il existe des tables beaucoup plus complètes en version papier.

Les tables sont calculées pour 2 plongées maximum par jour.

La profondeur de 60 mètres est la limite de la plongée sportive.

Les plongées modélisées sont des plongées "carrées", avec arrivée "immédiate" à la profondeur car on ne sait pas modéliser la descente...

3.8.6. La gestion de l'air

Gérer les paliers, c'est aussi gérer l'air de la palanquée. Il est difficile de faire un palier si on n'a plus d'air !!

3.9.Application

3.9.1. Cas de la plongée simple

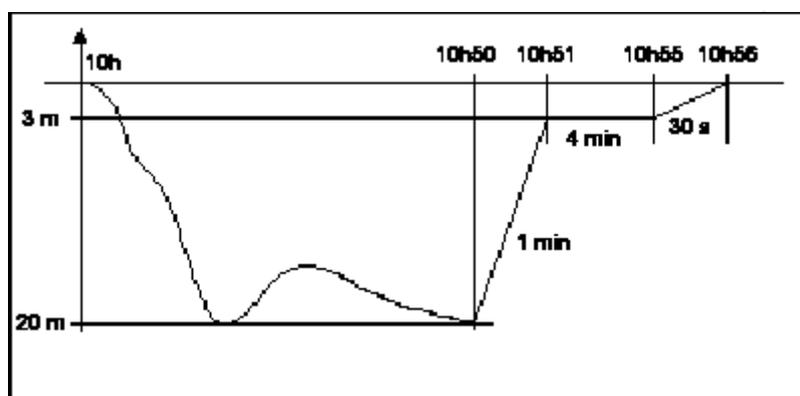
Exemple n° 1 :

Serge et Christelle s'immergent à 10h pour faire une plongée qui les amène à 20 m maximum. A 10h50, alors qu'ils se trouvent à 18 m, ils décident de remonter et regagnent la profondeur de 3 m à la vitesse fédérale de 15 m/min.

La durée de la remontée est de : $(18 - 3) / 15 = 1$ min

La table donne, pour 50 min à 20 m, un temps de palier de 4 min.

Après ce palier ils remontent à la surface en 30 secondes.



Paramètres :

Prof. : 20 m

Temps : 50 min

H.S. : 10h56

GPS : I

Exemple n° 2 :

Sonia et Christophe s'immergent à 10h pour faire une plongée qui les amène à 16.7 m maximum. A 10h56 et des poussières, alors qu'ils se trouvent à 12 m, ils décident de remonter et regagnent la profondeur de 3 m à la vitesse fédérale de 15 m/min.

La durée de la remontée est de : $(12 - 3) / 15 = 0.6$ min, on arrondit à la minute supérieure : 1 min

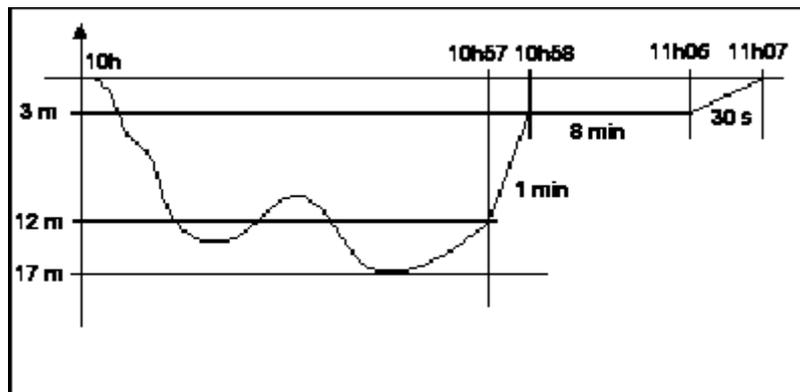
16.7 m n'existe pas sur la table, on prendra la valeur arrondie au mètre supplémentaire (17 m) et puisque 17 m n'est pas sur la table, on prend la valeur suivante : 18 m (profondeur supérieure).

Sur le même principe, 56 min et des poussières seront arrondies à 57 min, et sur la table on prendra le temps supérieur : 1h05.

La table donne, pour 1h05 min à 18 m, un temps de palier de 8 min.

Après ce palier ils remontent à la surface en 30 secondes.

Règle de sécurité : pour le calcul des paliers, on majore toujours le temps de plongée et la profondeur maxi atteinte.



Paramètres :

Prof. : 17 m
 Temps : 57 min
 H.S. : 11h07
 GPS : J

3.9.2. Les plongées successives

Une plongée successive est une 2ème plongée.

L'intervalle qui la sépare de la première est :

- supérieur à 8h30 : on la gère comme une plongée **simple**.
- supérieur à 15 min mais inférieur à 8h30 : c'est une plongée **successive**.
- inférieur à 15 min : c'est une plongée **consécutive**.

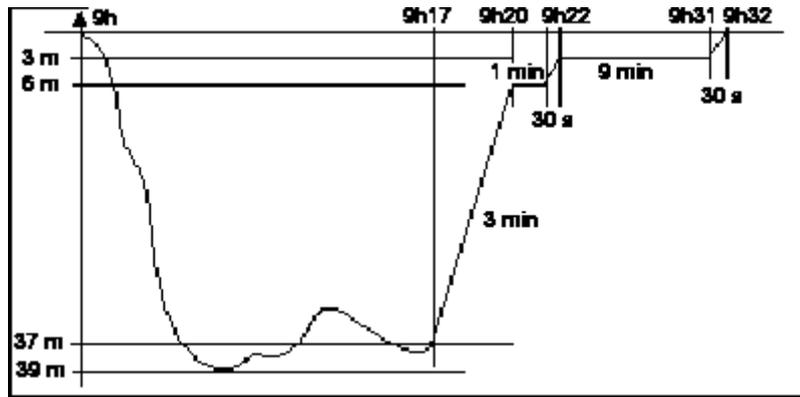
Exemple n° 3 :

Sébastien et Max s'immergent à 9h pour faire une plongée qui les amène à 38.1 m maximum. Après 16 min et quelques de plongée, alors qu'ils se trouvent à 37 m, ils décident de remonter et regagnent la profondeur de 6 m à la vitesse fédérale de 15 m/min.

Le temps de remontée est de : $(37-6) / 15 = 2.06$ -- arrondi à 2 min

La table leur donne, pour 17 min à 39 m, un temps de palier de 1 min à 6 m.

Après ce palier, ils mettent 30 s pour rejoindre le palier de 3m où ils restent 9 min. Ils remontent ensuite à la surface en 30 secondes.



Paramètres :

Prof. : 39 m
 Temps : 17 min
 H.S. : 9h32
 GPS : H

Sébastien et Max décident de faire une deuxième plongée 2h15 plus tard.

Avec un groupe de plongée successive H, la table nous donne pour un intervalle ramené à 2h (intervalle plus contraignant) un coefficient d'azote résiduel de 0.98.

Cette 2ème plongée est une plongée carrée à 24 m.

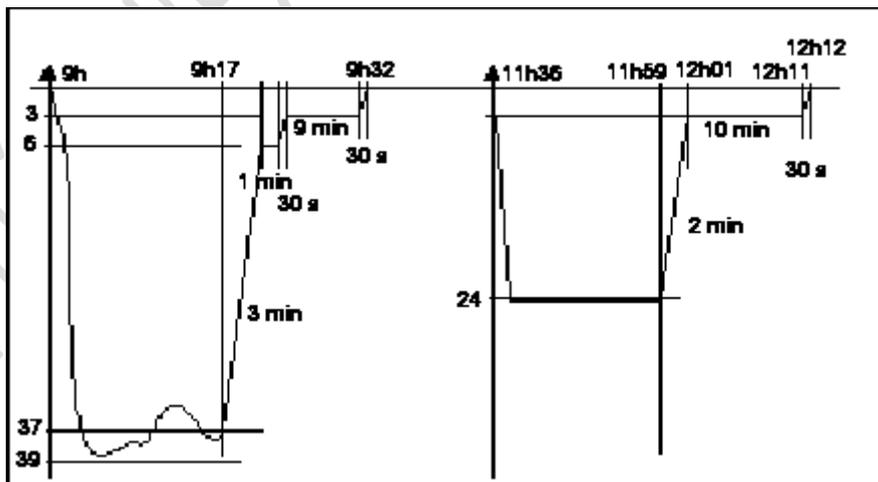
La table donne, pour un coefficient de 0.99 (coef plus contraignant), à une profondeur de 25 m (même décalage que pour le calcul des paliers), une majoration de 17 min à rajouter au temps de plongée.

La durée de la plongée est de 23 min.

La durée de la remontée est de : $(24 - 3) / 15 = 1.4$ arrondi à 2 min

La table leur donne, pour $23 + 17 = 40$ min à 24 m, un temps de palier de 10 min à 3 m.

Ils remontent ensuite à la surface en 30 secondes.





Paramètres de la 2ème plongée :

Prof. : 24 m

Temps : 23 min

H.S. : 12h19

GPS : ne sert à rien puisqu'il n'y a pas de 3ème plongée.

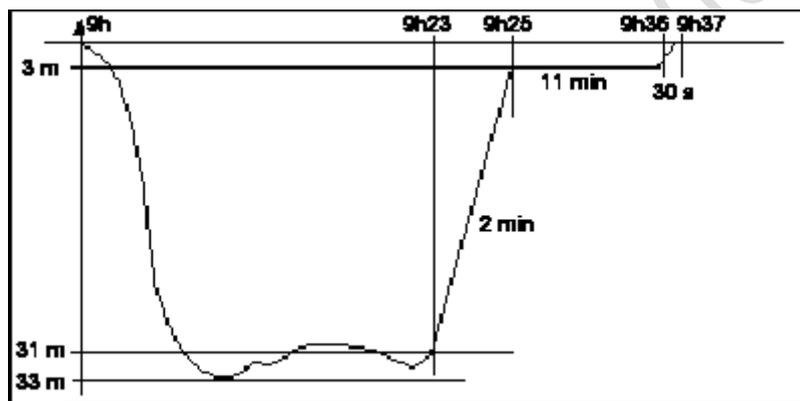
Exemple n° 4 :

Sonia et Cyrille s'immergent à 9h pour faire une plongée qui les amène à 33 m maximum. Après 22 min et quelques de plongée, alors qu'ils se trouvent à 31 m, ils décident de remonter et regagnent la profondeur de 3 m à la vitesse fédérale de 15 m/min.

Le temps de remontée est de : $(31-3) / 15 = 1.87$ -- arrondi à 2 min

La table leur donne, pour 23 min à 33 m, un temps de palier de 11 min à 3 m.

Ils remontent ensuite à la surface en 30 secondes



Paramètres :

Prof. : 33 m

Temps : 23 min

H.S. : 9h37

GPS : I

Sonia et Cyrille décident de faire une deuxième plongée 2h45 plus tard.

Avec un groupe de plongée successive I, la table nous donne pour un intervalle ramené à 2h30 (**on ne minore qu'une chose : l'intervalle entre deux plongées**) un coefficient d'azote résiduel de 0.97.

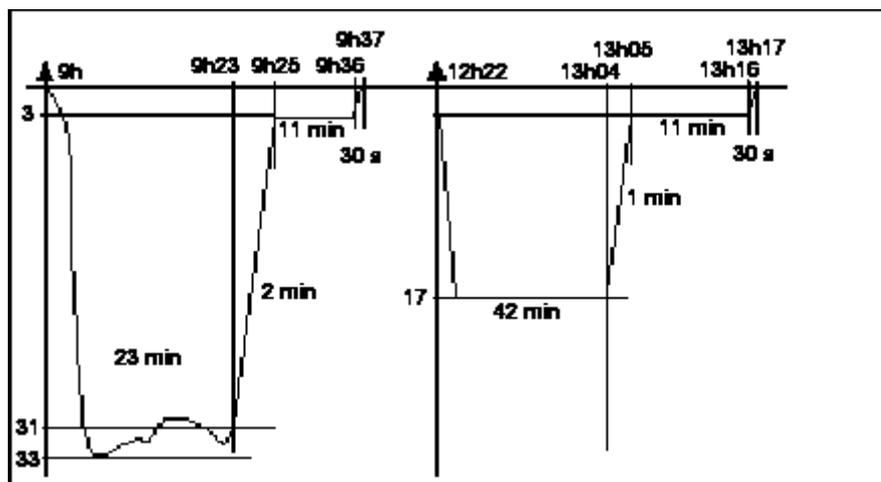
Cette 2ème plongée est une plongée carrée à 17 m.

La table donne, pour un coefficient de 0.99 (coef plus contraignant), à une profondeur de 18 m (même décalage que pour le calcul des paliers), une majoration de 24 min à rajouter au temps de plongée.

La durée de la plongée est de 42 min.

La table leur donne, pour $42 + 24 = 66$ min à 17 m, un temps de palier de 11 min à 3 m.

Ils remontent ensuite à la surface en 30 secondes.



Paramètres de la 2ème plongée :

Prof. : 17 m

Temps : 42 min

H.S. : 13h17

GPS : ne sert à rien puisqu'il n'y a pas de 3ème plongée.

Cours n°4 : Notions d'utilisation des tables de plongée - Seconde partie

4.1. Plongées consécutives

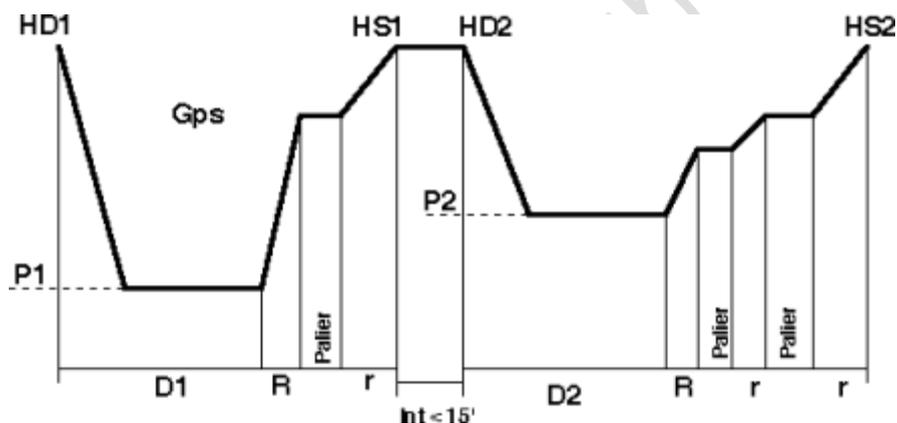
Lors des plongées que vous effectuerez par la suite, il se peut que vous ayez à replonger dans les instants qui suivent votre première plongée (par exemple pour aller décrocher l'ancre qui reste cramponnée au fond, ou bien encore pour aller rechercher votre lampe torche qui vient subitement de décider de retourner au fond).

Le problème est donc de savoir que faire comme palier pour cette seconde remontée sachant que les tables ne donnent la valeur de l'azote résiduel que pour des temps supérieurs à 15 minutes.

Ce type de plongée est nommé plongée consécutive. Pour une telle plongée, on prend comme paramètres :

- La **profondeur la plus importante atteinte au cours des deux plongées**
- La **somme des durées des deux plongées**
- La durée de la remontée dépend de la profondeur de la seconde plongée.

Exemple :



Dans cet exemple, pour la deuxième plongée :

- La profondeur à utiliser pour entrer dans la table est P1
- La durée de la plongée (toujours pour entrer dans la table) est (D1+D2)
- La durée de remontée est déterminée par P2

Application numérique :

HD1 = 9h00 1ère plongée : palier 2 minutes à 3m

P1 = 40m R = 2,46

D1 = 10 minutes HS1 = 9h15

Int = 12minutes GPS = E

HD2 = 9h27

P2 = 22m Deuxième plongée : paliers : 8 minutes à 6m et 35 minutes à 3m

D2 = 25 minutes R = 1,06

D = 35 minutes HS2 = 10h38

P = 40m



4.2. Vitesses de remontée incorrecte

4.2.1. Remontée trop lente :

Une remontée lente est une remontée pour laquelle on n'a pas respecté la vitesse de remontée indiquée par les tables. Cela peut se rencontrer lors de plongées sur des tombants où l'on décide de remonter, et captivé par le celui-ci, on s'attarde sur une branche de corail particulièrement énorme.

Au moment où l'on s'aperçoit que l'on a effectué une remontée à une vitesse inférieure à celle préconisée par les tables, il faut amorcer une nouvelle remontée à la bonne vitesse et reconsidérer ses paramètres : le temps de plongée devient alors le temps écoulé de l'immersion jusqu'à l'amorce de la nouvelle remontée. La profondeur maximale, bien entendu, ne change pas.

4.2.2. Remontée trop rapide

On considère qu'une plongée est à remontée rapide dès que la vitesse de remontée est supérieure à 17 m/mn. Les causes peuvent être diverses : panique, non contrôle du gilet stabilisateur, etc. A noter qu'en général, suite à une remontée trop rapide, on crève la surface car le problème de vitesse se fait plus pressant dès lors que l'on s'en rapproche (c'est là qu'on a les variations de pression, et donc de volume, les plus rapides).

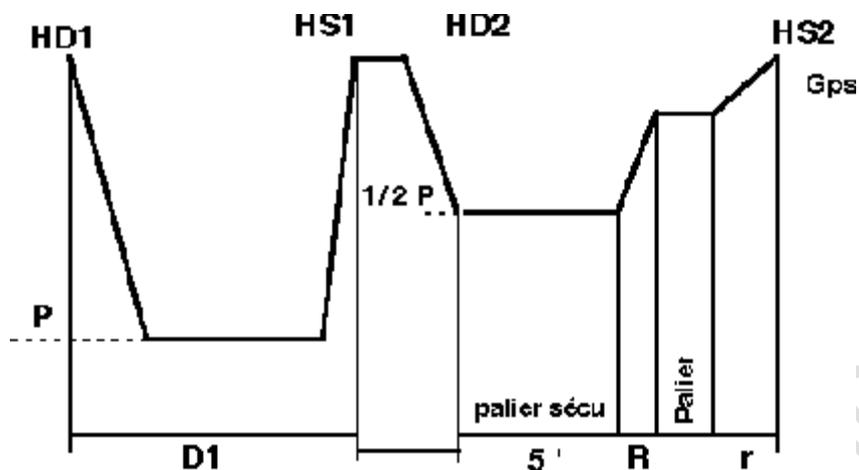
Vous voilà confronté à un autre problème : les tables de plongée ne sont valables que si l'on respecte bien la vitesse de remontée (inférieure à 17 m/mn !!!). Il existe une procédure pour de nouveau utiliser les tables et ainsi savoir quoi faire comme paliers. En telle circonstance, voici la procédure à suivre :

- Redescendre **en moins de 3 minutes** (maximum) à au moins la moitié de la profondeur maximale atteinte
- Y effectuer un palier de sécurité de 5 minutes (**Attention !!!** Un plongeur ne redescend jamais seul faire un palier de sécurité !!!)
- Paramètres à prendre en compte pour utiliser les tables :
 - Profondeur maximale atteinte lors de la plongée
 - Durée de l'immersion jusqu'à la fin du palier de 5 minutes (y compris les 3 minutes de surface)
 - c'est la profondeur du palier de sécurité qui déterminera la durée de remontée

Important :

- L'accompagnement de la personne qui redescend par (au moins) un deuxième plongeur est impératif !
- Si en surface (juste après la remontée rapide) on découvre des symptômes d'A.D.D., on ne redescend pas
- Pour le reste de la palanquée : lors de la remontée rapide d'un camarade, on remonte aussi (on ne reste pas au fond) **mais** à une vitesse correcte (entre 15 et 17 m/mn). On remonte jusqu'en surface (ce n'est pas une fin de plongée normale avec paliers, etc., on remonte tout) puis on redescend avec le camarade à mi- profondeur.

Exemple :



Application numérique :

HD1 = 9h00 Durée totale = 30 minutes

P = 35m R = 1,2

D = 22 minutes paliers = 1 minute à 6m et 3 minutes à 3m

HS1 = 9h22

HS2 = 9h54

4.3.Procédure en cas d'interruption de palier

Il n'y a qu'une seule règle : si on interrompt un palier, on le reprend dans son intégralité.

Exemple simple : Agnès et Ludivine sont revenus faire leurs paliers aux environs du bateau et soudain Bernard tombe en panne d'air. Plutôt que de faire un échange d'embout et ainsi, diminuer les échanges gazeux au niveau des poumons (c'est le but d'un palier!), il vaut mieux remonter pour prendre un bloc (le bloc de secours) et reprendre le palier.



Cours n°5 : La réglementation

5.1. Niveaux de plongée

5.1.1. Les niveaux de plongeurs

Ils s'échelonnent du plongeur niveau 1 au plongeur niveau 5, soit de P1 à P5. On les appelle aussi N1 à N5.

- P1 = N1 : anciennement Brevet Élémentaire (B.E.), c'est un niveau de plongeur encadré.
- P2 = N2 : c'est le premier niveau de plongeur autonome, avec des prérogatives limitées, et sous la responsabilité d'un directeur de plongée.
- P3 = N3 : plongeur autonome, prérogatives "illimitées" (les tables M.N. 90 imposent une limite de 60 m. maximum).
- P4 = N4 : Guide de palanquée : prérogatives identiques au P3 plus prérogatives d'encadrement (P1 jusqu'à 20 m., P2 jusqu'à 40).
- P5 = N5 : Directeur de plongée (D.P.) pour l'explo. uniquement. C'est une qualification "club".

5.1.2. Les niveaux d'encadrants

E1 : Initiateur.

- Pré-requis : être P2 minimum et posséder le RIFAP (Réaction et Intervention Face à un Accident de Plongée).
- Prérogatives : Peut encadrer dans l'espace proche (maximum 6 m.) et faire faire des baptêmes. Pour la plongée enfants, respecter le minimum de 8 ans.
- E2 :
- Pré-requis : P4 + Initiateur ou P4 + Stagiaire Pédagogique (aspirant E3)
- Prérogatives : Encadre jusqu'à 20 m.
- E3 : MF1 (Moniteur Fédéral 1er degré) : c'est un DP technique (et donc explo. aussi) qui peut encadrer jusqu'à 40 m.
- E4 : MF2. C'est un formateur d'encadrants qui peut encadrer jusqu'à 50 m.
- B.E.E.S 1 (Brevet d'Etat d'Educateur Sportif 1er degré) : Identique à E3 mais peut en faire son métier, se faire rémunérer pour ça.
- B.E.E.S. 2 : Identique à E4 mais peut en faire son métier.



5.2. Papiers à fournir

5.2.1. La licence

5.2.1.1. Caractéristiques

La licence :

- Atteste l'appartenance à l'association
- Permet l'accès aux activités fédérales
- Amène à la formation, à la compétition, au passage de brevets fédéraux
- Est valable dans le monde entier (partie assurance)
- Est valable du 1er octobre de l'année de délivrance au 31 décembre de l'année suivante (15 mois).
- Nécessite une autorisation parentale pour les mineurs désireux de plonger
- Comprend une Responsabilité Civile (assurance au tiers)

5.2.1.2. L'assurance

La licence fédérale comprend une assurance :

- Valable dans le monde entier
- A la base, il s'agit d'une assurance au tiers
- Possibilité de souscrire à une assurance complémentaire (pour les dommages que l'on s'occasionnerait)
- Vérifiez auprès de votre assurance si vous n'êtes pas déjà couvert de façon complémentaire.

5.2.2. Certificat médical

Il est OBLIGATOIRE pour la pratique de la plongée sous-marine. Il peut être délivré par un médecin généraliste, un médecin fédéral ou un médecin du sport.

5.2.3. Bloc

Comme tous les récipients contenant des gaz sous pression, ils sont soumis à une réglementation. Ils doivent être soumis à une ré-épreuve obligatoire tous les 2 ans (pour les blocs personnels) ou tous les 5 ans pour les blocs club seulement à condition qu'une inspection visuelle annuelle ait été réalisée par un technicien spécialiste (Technicien d'Inspection Visuelle ou TIV).

Un bloc personnel peut être inscrit au registre du club auquel on appartient. Ce registre, visé par la préfecture, permet le passage du bloc personnel en bloc club et donc permet de réaliser la ré-épreuve tous les 5 ans seulement, inspection annuelle à l'appui.

L'épreuve d'un bloc est réalisée à l'eau (en cas d'explosion du bloc, les dégâts sont moins dangereux) à 1,5 fois la pression de service. Les tests réalisés sur les blocs et même le simple gonflage sont des opérations dangereuses... Sachez qu'une robinetterie qui saute traversera facilement quelques étages avant de daigner commencer à ralentir !

5.2.4. Conclusion

Les papiers obligatoires à emmener avec vous si vous partez plonger :

- Licence
- Certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée
- Certificat de votre niveau (passeport ou carte CMAS)
- Votre carnet de plongée
- Les papiers du bloc si vous en avez un (obligatoire pour le gonflage)

5.3. Les pavillons

Voici un schéma représentant les pavillons de signalisation de plongeurs :



Obligation aux embarcations de ne pas se rapprocher à moins de 100 mètres du pavillon.

Cours n°6 : Le matériel

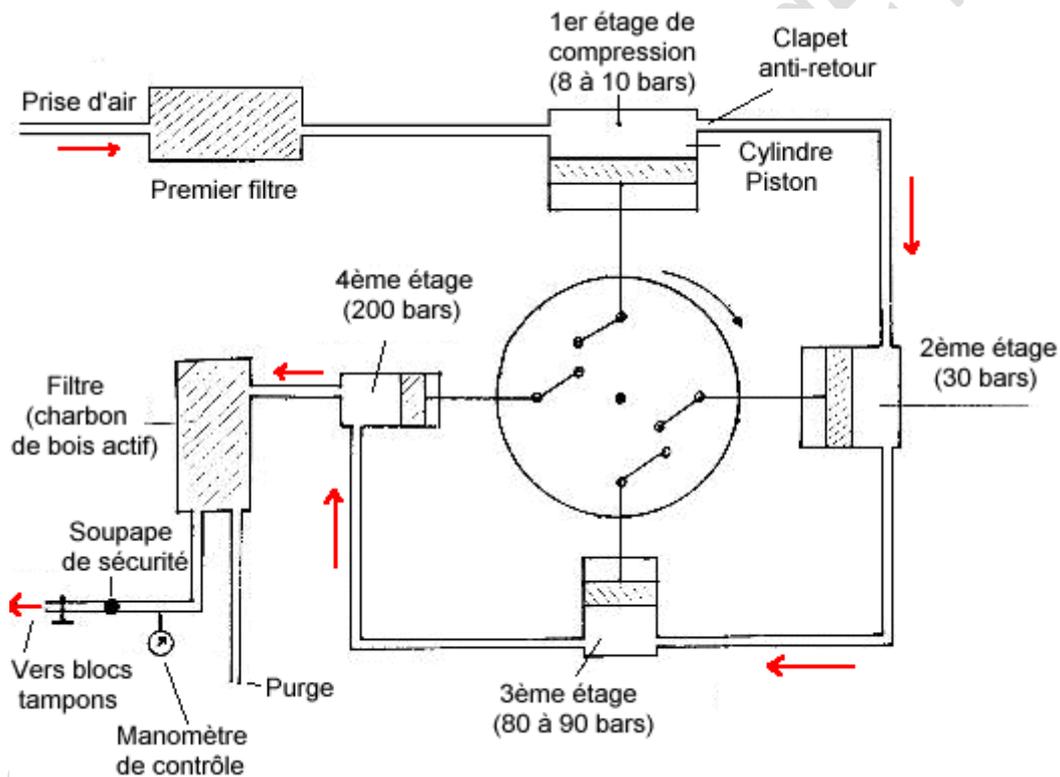
6.1. Le compresseur

6.1.1. Principe

La loi de Mariotte nous donne : $P1.V1 = P2.V2$.

Un compresseur comporte plusieurs étages de compression (en général 4) dans lesquels la pression est augmentée au fur et à mesure. Par exemple, la pression d'entrée de l'étage 1 (P1) est 1 bar, en sortie on a 8 bars. La pression d'entrée du deuxième étage est donc 8 bars (P2), P3 vaudra 30 bars, P4 80 bars et en sortie du quatrième étage on aura une pression de 200 bars. Le bloc à gonfler est mis en relation avec la sortie du dernier étage de compression.

Les 4 étages de compression ne sont pas linéaires, ils sont disposés en étoile derrière le moteur :



Un système de filtrage est installé entre chaque étage de compression et permet d'éliminer de l'air comprimé gonflant le bloc les résidus d'huile (venant du moteur du compresseur) et d'humidité.



6.1.2. Utilisation

Rien de bien sorcier, mais quelques règles élémentaires de sécurité à connaître et respecter. Le mieux est de venir voir quelques gonflages hebdomadaires au club, en outre un coup de main est toujours le bienvenu !

6.2. Bloc

6.2.1. Modèle / Identification

Modèles :

- En acier ou en aluminium
- A compartiment unique ! Il n'y a pas de séparation pour la réserve !
- Le stockage doit d'effectuer debout : en cas de présence d'eau il est préférable que la rouille attaque le fond du bloc car celui-ci est plus résistant car plus épais (un bloc est constitué d'une feuille qui est roulée en cylindre puis refermée sur le fond donc la couche de matériau est plus importante)

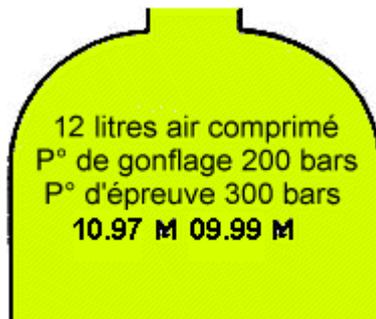
Identification :

Lors de chaque entretien, le bloc est soumis à un suivi caractérisé par une série de gravures sur la partie haute et bombée de celui-ci (pour la même raison que pour le fond, la partie haute est plus épaisse au niveau de l'étranglement du bloc).

On trouve ainsi sur un bloc :

- Nom du constructeur
- Année et lieu de fabrication
- Numéro de série
- Matériau
- Nature du gaz contenu
- Volume intérieur
- Pression de service
- Pression de ré-épreuve
- Poids
- Date de ré-épreuve

DEVANT



DERRIERE

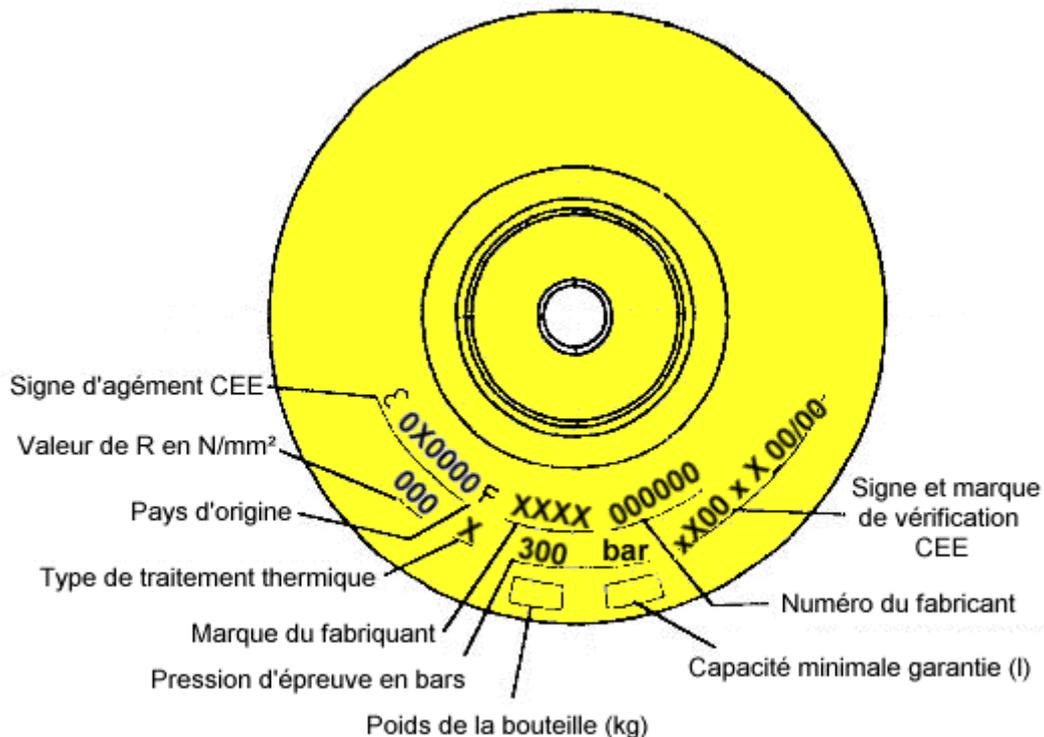


Indications pour le plongeur

12 l	Volume du bloc
air comprimé	Désignation du gaz
200 bars	Pression de gonflage
300 bars	Pression de ré-épreuve
10.97	Date de 1ère épreuve
M	Poinçon de l'EMPA
09.99	Prochaine épreuve

Données techniques

00X0X	Autorisation
95	Année de fabrication
YYY	Fabricant
00000	Numéro de série
Z 00 ZZZZ	Particularités de l'acier
0.0	Epaisseur minimale
00.00	Poids à vide





Attention ! : Ne jamais acheter de bloc comportant des gravures sur le côté (sur le flanc du cylindre) car ceci est rigoureusement interdit ! Le bloc ne passera pas la prochaine ré-épreuve.

Pour information : Un bloc explose à environ 2,5 à 3 fois sa pression de service (environ 500 à 600 bars pour un 200 bars de service). Régulièrement des tests sont effectués en ce sens (on gonfle des blocs jusqu'à explosion pour voir les valeurs). A noter que les divers tests, y compris ceux de ré-épreuve (à environ 1,5 fois la pression de service) sont effectués à l'eau pour minimiser les dangers en cas d'explosion.

6.2.2. Robinetterie

Chaque bloc est équipé d'une robinetterie qui peut être simple ou double. Les plongeurs effectuant de l'encadrement et les autonomes, doivent être équipés de deux premiers étages. Ce qui implique qu'ils utilisent un bloc à double sortie.

6.2.3. Ré-épreuve / entretien

Se référer au cours précédent ([cours n° 6 - Règlementation](#)) pour la ré-épreuve.

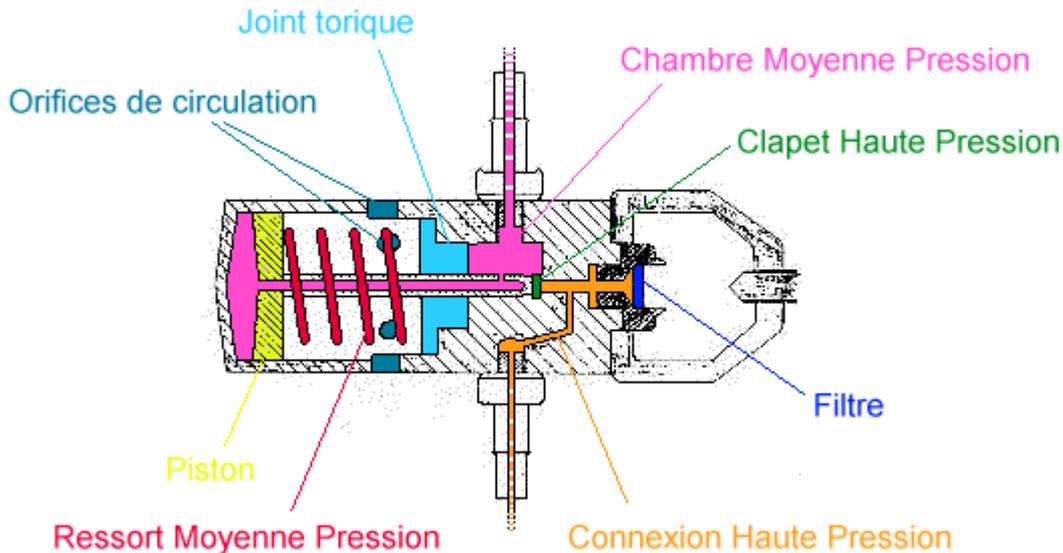
Au niveau de l'entretien :

- Eviter de rentrer de l'eau dans le bloc : ceci passe par un bon entretien du compresseur, ne pas laisser le bloc ouvert, etc.
- Vérifier l'état de la peinture extérieur du bloc qui le protège contre la corrosion.
- Eviter d'infliger des chocs aux blocs (ne pas le lâcher depuis la surface sans stab en piscine, par exemple)
- Penser à les stocker debout.

6.3. Le détendeur

6.3.1. Principe

6.3.1.1.1. Le premier étage



Principe simplifié de fonctionnement : considérons deux cas de figure :

a) La Moyenne Pression (MP) diminue (on a respiré) ou la Pression Ambiante (PA) augmente (cas de descente)

b) La MP est supérieure à la force exercée par le ressort MP (en rouge) et la PA : cas de stagnation ou de remontée.

Dans le cas a), en termes de forces, on a $MP < (\text{Ressort} + PA)$. Ainsi l'ensemble (Ressort + PA) va décaler légèrement le piston ce qui aura pour effet immédiat d'entrouvrir le clapet HP. Une (petite) admission de HP sera alors réalisée dans la chambre MP renforçant légèrement celle-ci.

Ainsi les forces MP et (Ressort + PA) vont se rééquilibrer.

Dès que suffisamment de HP a été admise pour rehausser la MP, l'équilibre est à nouveau atteint, la MP repousse le piston, le clapet HP bloque l'admission et le tour est joué : la MP a été rehaussée.

Dans le cas b), on a $MP > (\text{Ressort} + PA)$. Dans ce cas, rien n'est fait puisqu'en respirant, le plongeur provoquera une admission de MP dans le deuxième étage; ainsi dans la chambre MP du premier étage la pression diminue légèrement ce qui vient rééquilibrer le système MP / (Ressort + PA).

A noter que le flexible menant au deuxième étage est parcouru de MP, MP calibrée à environ 6-7 bars, auxquels s'ajoutent ceux exercés par la PA. Ainsi le flexible est soumis à une pression avoisinant les 10 bars, ce qui lui permet de rester relativement souple. En effet, si la pression le parcourant était de la HP à 200 bars, le flexible, qui n'en aurait plus que le nom, serait d'une telle rigidité qu'on aurait toutes les chances d'y perdre ses dents...

Le principe du premier étage expliqué ci-dessus correspond à un premier étage à piston, non compensé.

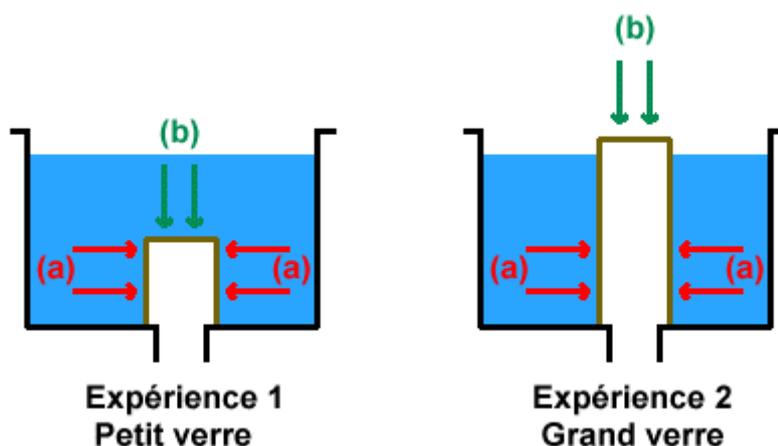
Il existe des premiers étages dits "à membrane", fonctionnant sensiblement sur le même principe; simplement le piston est substitué par une membrane rigide en son centre, toujours située entre la chambre MP et la chambre (PA + Ressort MP). Cette membrane rigide peut donc être décalée de même qu'un piston puisque sa partie extérieure est souple. Le principe de fonctionnement reste sinon identique à celui d'un premier étage à piston.

Les premiers étages à membrane sont réputés avantageux par rapport à ceux à piston pour une utilisation en eaux froides (moins de risques de givre) et en eaux chargées (meilleure protection des chambres) mais aussi un peu plus fragiles car un peu plus complexes techniquement (en effet, plus la technologie est simple et moins il y a de pièces, plus le risque de problème est réduit).

Il existe en outre des détendeurs dont le premier étage est compensé : la HP appuie aussi sur une surface (plus petite, mais non négligeable vu la pression). Si la HP est à 200 bars, la force sera non négligeable; si elle est à 80 bars, la force appliquée sera évidemment différente.

La différence avec un premier étage non compensé devient sensible à partir d'une profondeur de 30-40 mètres. Les étages compensés ont un système différent qui leur permet de ne pas être sensible à la pression se trouvant dans le bloc. Ainsi on conserve un confort respiratoire identique que le bloc soit plein ou vide.

On peut réaliser une analogie au niveau des forces avec la petite expérience suivante : considérons un évier rempli d'eau bouché à l'aide d'un verre retourné. Réalisons l'expérience avec deux verres de taille différente :



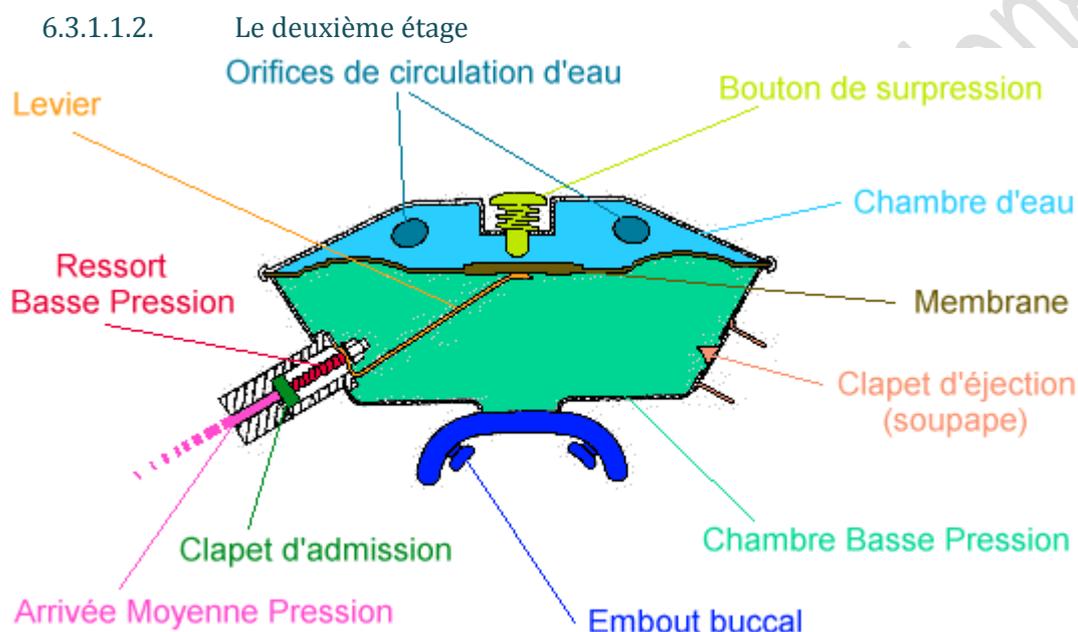
Dans les deux expériences les forces (a) s'annulent et n'entravent pas la levée du verre.

Dans l'expérience 1, si l'on souhaite décoller le verre et le sortir de l'évier, on rencontre une certaine résistance car les forces (b) sont augmentées par la pression supplémentaire due au poids de l'eau sur le verre.

Dans l'expérience 2, les forces (b) ne subissent pas de pression supplémentaire occasionnée par le poids de l'eau donc l'arrachage du verre est beaucoup plus aisé.

C'est un peu selon un principe analogue que le confort respiratoire d'un étage compensé est obtenu et qu'il est plus aisé de respirer.

Il existe des détendeurs à premier étage et/ou deuxième étage compensé(s). Lorsque l'on parle simplement de détendeur compensé il s'agit uniquement du premier étage.



Principe : Lorsque l'on inspire par l'embout buccal, on crée un léger vide au niveau de la chambre BP. Cette dépression attire la membrane qui, en se déplaçant, actionne le levier qui entrouvre le clapet d'admission, permettant à la MP arrivant par le flexible de réhausser la BP dans la chambre.

L'intérêt d'avoir une MP très inférieure à 200 bars est que le ressort est plus faible, permettant un effort à l'inspiration moindre que s'il était taré pour une MP plus forte. Sa valeur de tarage est d'environ 6-7 bars, comme la MP.

Autour de la structure du deuxième étage on trouve le capot extérieur; celui-ci, en plus d'être joli, permet d'appuyer sur le bouton de surpression qui permet une admission d'air manuel.

A l'intérieur de la chambre BP on a une pression égale à la PA; en effet on respire toujours de l'air à la Pression Ambiante, soit 2 bars à 10 mètres par exemple.



6.3.2. Le montage des accessoires

Au niveau du montage du détendeur lui-même, il existe deux systèmes :

- Le système étrier : c'est le système "classique", qu'on rencontre le plus souvent
- Le système "DIN", qui requiert un jeu de clés type BTR afin de démonter l'insert du bloc pour visser le détendeur directement sur la robinetterie. Ce système possède l'avantage d'occasionner moins de problèmes de joints au niveau de la bouteille qu'un système étrier.

Pour les flexibles et accessoires se fixant sur le premier étage, on observe deux configurations possibles : un système de type fixe par rapport au premier étage lui-même, et un système "tourelle" en rotation libre dans l'axe de celui-ci.

6.4. Les autres éléments

6.4.1. Bouchon du premier étage du détendeur

Bien penser à le mettre en place lors du rinçage ou du stockage avec d'autres affaires mouillées (dans le sac par exemple). Le reste du temps, l'enlever pour permettre le séchage.

6.4.2. Le manomètre

Il mesure jusqu'à des pressions de 300 à 400 bars selon les modèles. Il faut le dé saler comme le détendeur.

6.4.3. La combinaison

C'est un élément indispensable qui joue son rôle contre certains accidents (voir cours [n° 2](#) et [n° 3](#)). Prévoir un modèle avec cagoule pour les plongées en eaux fraîches à froides. Son épaisseur devra être d'au moins 5 mm. Bien la rincer après usage et ne pas faire sécher au soleil.

6.4.4. Timer & Ordinateur

Les rincer soigneusement après usage. Ne pas les stocker dans un endroit hermétique car la surpression induite lors de la fermeture provoque un dérèglement du capteur de pression. Attention aussi aux téléphones portables ! Si l'un d'eux sonne à proximité de votre timer ou ordinateur, il y a des chances non négligeables pour que ce dernier se mette en carafe...

6.4.5. Lampe

C'est un élément très appréciable dès la zone des 20 mètres et même moins pour les anfractuosités. Elle restitue les couleurs d'origine et peut être un élément de sécurité. Pensez à la rincer soigneusement et prêtez une attention toute particulière à son système de fermeture avant utilisation, notamment l'état du joint torique.

6.4.6. Parachute de palier

Élément de sécurité (stabilité, signalisation) et de confort, il devient pratiquement indispensable dès lors que l'on effectue un palier en pleine eau. Repérez-y une marque à 3 mètres pour la profondeur du palier, accrochez un petit plomb au bout. Surtout ne vous y accrochez pas ! Tenez-le juste en main sans effectuer de tours. Un bateau ou une planche qui l'embarquerait au passage aurait un effet peu agréable et dangereux si vous êtes arrimés au parachute.

6.5. Règles de sécurité - Organisation

6.5.1. Bateau au quai

- Météo, lieu, caractéristiques de la plongée. (voir DP ou organisateur)

Cours Niveau 2 Patrick ROCHE V1 / 15/01/2015



- Matériel à bord rangé et attaché, si possible se regrouper en palanquée sur le bateau.
- Matériel = complet + pression bloc + bon fonctionnement du détendeur et DS + réserve haute + 2ème détendeur
- Sécurité à bord ? (avec tact et diplomatie, le DP l'a en principe vérifié pour vous !)
- Durée trajet - état de la mer ? (pour planifier son équipement, ainsi que pour éventuellement prévoir des vêtements secs)

6.5.2. Pendant le trajet

- Prise de connaissance de la palanquée. Niveau réel des plongeurs (expérience, date de la dernière plongée...). Problèmes éventuels de chacun : oreilles, sinus...
- Tout ça en vue d'anticiper sur la plongée, et de ne pas s'énerver parce qu' un tel n'arrive pas à passer ses oreilles, ou de surveiller un peu plus machin qui semble avoir tendance à descendre un peu trop...
- Equipement progressif pour n'avoir plus qu'à enfiler le bloc sur le site de plongée.
- Prise de connaissance de l'équipement de sa palanquée : emplacement des purges, inflateurs, octopus
- Procédure de décompression adoptée ? Table, ordinateur, être très clair sur le déroulement. ATTENTION si 2ème plongée !

6.5.3. Sur le site

- Briefing du DP : description du site, sécurité particulière à ce site, déroulement de la plongée, profondeur et durée maximum, lieu des paliers (penteurs, rochers...)
- Informations sur l'orientation, points de repères remarquables
- Equipement + auto-vérif dans la palanquée : blocs ouverts, manos

6.5.4. Mise à l'eau

- Accord du DP
- Tout le monde prêt
- Guide de palanquée en 1er si encadrement
- Vérification aire de saut
- Signe OK (en direction du guide, du bateau, ou de ses équipiers !) + dégagement immédiat de l'aire.
- Regroupement de la palanquée au lieu indiqué par le guide ou le DP.
- Repères surface et sous l'eau pour l'orientation.
- Si tout le monde prêt, immersion.
- Si équipement dans l'eau, attention au vent et courant, sinon la stab fiche le camp !

6.5.5. Descente

- Le long de l'ancre si possible. Tous ensembles. Attention aux oreilles !
- Rester au-dessus du guide de palanquée, de même tables au-dessus des ordinateurs !
- Atteindre la plus grande profondeur rapidement.
- Repères pour l'orientation : soleil, profondeur de l'ancre, points caractéristiques

6.5.6. Au fond

- Bien s'équilibrer : diminue les efforts (cf. essoufflement, conso.), évite de bousiller les fonds merci pour les bêtêtes et leur terrain de jeu !
- En général, attention où vous mettez les palmes ! Typiquement, évitez d'envoyer valdinguer gorgones, coraux, et autres sujets fragiles !



- Attention aux rochers : ça découpe les genoux, les palmes ou les doigts !
- Eviter de tripoter tout et n'importe quoi : danger pour certains poissons, anémones, coquillages, méduses, ça mord, pique, coupe, tranche, cisaille, irrite, paralyse etc... Surtout ce que vous ne connaissez pas !
- RAPPEL ! INTERDICTION DE REMONTER QUOI QUE CE SOIT DU FOND. Mort ou vivant. Soyez cool, si chacun faisait la même chose... !
- Attention sur les épaves aux tôles coupantes.
- Attention aux filets.
- Vérifier régulièrement ses paramètres de plongée et son mano.
- Signe à mi- bouteille (100 bars), selon la planification de la plongée.
- Signe à 50 bars : "je suis sur réserve".
- Retour au bateau.

6.5.7. La remontée

- Vitesse en fonction de la procédure.
- Palier de sécurité 3 mn à 3 m.
- Attention au pendeur (masse de béton) et au bateau : dangereux si la mer est creuse.
- Si remontée en pleine eau, utiliser un parachute.
- 360° avant de percer la surface ! Risque de chocs contre l'arrière du bateau. Attention à l'échelle et à l'aire de mise à l'eau.
- Remonter très lentement, signe OK en premier.

6.5.8. En surface

- Signe OK : entre vous, au guide de palanquée ou au bateau.
- Garder masque et embout en bouche (ou tuba en fonction de l'état de la mer).
- garder un périmètre de sécurité quand l'échelle est occupée.
- Attention à la remontée à l'échelle. Embout et masque en place impératif.

6.5.9. Sur le pont

- Dégager immédiatement l'accès à l'échelle.
- Déséquipement complet du bloc + rangement des affaires. Baisser la réserve.
- 1er bilan sur la plongée. Noter ses paramètres de plongée, les communiquer au DP.
- Enfin savourez !

6.5.10. Pendant le retour

N'oubliez pas de surveiller vos coéquipiers. Rappel : 50 % des ADD ont lieu dans la 1ère demi-heure.

NB : Il est clair qu'en pratique vous verrez de tout et n'importe quoi. Gardez l'esprit critique : ne sacrifiez pas **votre** sécurité pour "faire comme tout le monde" ou parce que ça fait "ringard". Plonge qui veut, remonte qui peut...