

AQUANATURE

L'hebdo du plongeur
N°002 le mercredi 17 mars 2004

« Et pour terminer, vous me ferez 200m nage libre, à votre rythme, pour récupérer... »

**Compte rendu de la réunion du 3 mars 2004 du
Comité Directeur de l'association
AQUANATURE, constitué de :**

Au bureau
Samuel MATHIS : Président
Philippe CANIZARES : Vice-Président.
Pascal GIMENEZ : Trésorier
Gérard CHANDON : Trésorier Adjoint
Philippe PERRIER : Secrétaire
Laurent GOMEZ : Secrétaire Adjoint

Au Comité Directeur :
Jean-Yves PIQUET : Directeur Technique
Stéphane HUC : Directeur Technique Adjoint
René BEAU : Directeur du Comité de surveillance
Nicolas PALOP : Directeur de la communication
Frédéric ANTON : Responsable Matériel
Julien ANTON : Coresponsable Matériel

A titre d'invité : Paul FOSSATI (disponible pour participer à l'élaboration du site Internet).

Il est noté que l'intérêt porté à la formation des cadets s'accompagne d'un retour en notoriété qui s'étend sur le département. Le Vice-président et le Président confirment cette orientation, le lundi tout particulièrement. Après concertation, il semble que Stéphane HUC, présent le lundi, souhaite que Philippe CANIZARES soit secondé par Julien ANTON. Nicolas PALOP assurera la permanence pour les cadets le mercredi (cadets au demeurant peu nombreux ce jour là).

Le relationnel avec la mairie de Nîmes est également évoqué. Tout pouvoir est donné à Philippe CANIZARES pour le « remettre à flot ». Nous rappelons que la Mairie ne nous délivre plus de subventions.

Concernant la Trésorerie, Pascal Gimenez étant absent excusé, Le Doc propose de récupérer la base de données comptables et de la porter en informatique sous Excel, pour un meilleur suivi. Il attend pour ce faire que le trésorier lui fournisse les documents ad-hoc. Le relevé n°140 du compte bancaire de l'association, reçu le 27/02/04 révèle une somme débitrice de 1781,22 Euros. Ce jour même, 2 inscriptions ont été encaissées, celles de CANIZARES et celle de BABOULENE. Il est

rappelé que certains anciens du club n'ont toujours pas réglé leur cotisation annuelle...

Le coût de la recharge en air des blocs devenant prohibitif, René et Fred envisagent de prospecter dans la région afin d'en trouver à un prix plus abordable. Il est rappelé qu'en principe les blocs doivent être gonflés après 3 séances de plongée en piscine. Le système de prise en charge blocs-détendeurs par les nageurs réguliers est certes perfectible, mais semble fonctionner

Le cours théorique cette semaine aura lieu à Pablo Neruda, sous la directive de Stéphane HUC. La date des cours suivants sera déterminée à l'issue de chaque séance.

René veut bien s'occuper de préparer les plongées en mer à ESTARTIT en Espagne, et à CARRY le ROUET, mais TOULON l'intéresse moins. Il est rappelé que la 1/2 pension à ESTARTIT n'est pas très onéreuse (de l'ordre de moins de 35 Euros).

Pour la « Com », il semble qu'il y ait florilège de sites mais { [HYPERLINK "http://www.aquanature.fr.fm"](http://www.aquanature.fr.fm) } reste un peu abscons. Nicolas et Paul vont tenter d'être plus simples, sous 3 mois.

La séance est levée, après avoir pris rendez-vous pour le mois de juin (date à préciser ultérieurement.)

Le cours théorique du vendredi 4/03/2004, en principe pour les 2 niveaux :

Le cours de SAM sur l'arrêté du 22 juin 1998 :

Sam commence par un exposé sur les différentes fédérations et confédérations reconnues à travers le monde, aptes à délivrer les niveaux de prérogative des plongeurs, à savoir :

La FFESSM (Fédération française d'Etude et de Sport sous-marins) à laquelle nous sommes affiliés (plus de 160.000 affiliés en France cette année).

La FSGT (Fédération sportive et gymnique du travail), une fédération de socioprofessionnels.

La CMAS (Confédération mondiale des activités sub-aquatiques), regroupant environ 180 pays.

L'ANMP (Association nationale des moniteurs de plongée).

Le SNMP (Syndicat national des moniteurs de plongée).

Mais aussi la PADI, l'équivalent de la CMAS, une confédération d'origine américaine, omnipotente sur le territoire des USA et dans la zone Pacifique.

L'Arrêté du 22 juin 1998 définit dès lors les niveaux de compétence :

| | brevets | brevets | brevets |
|------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| niveaux | FFESSM | CMAS | FSGT |
| Niveau1 P1 | Plongeur N1 | Plongeur 1 étoile | Plongeur N1 |
| Niveau2 P2 | Plongeur N2 | Plongeur 2 étoiles | Plongeur N2 |
| Niveau3 P3 | Plongeur N3 | Plongeur 3 étoiles | Plongeur N3 |
| Niveau4 P4 | Plongeur N4 | Plongeur 3 étoiles | Guide de palanquée |
| Niveau5 P5 | Directeur de plongée | | Directeur de plongée |

| | Attestations de niveau | Attestations de niveau |
|------------|------------------------|------------------------|
| niveaux | ANMP | SNMP |
| Niveau1 P1 | Plongeur | Plongeur |
| Niveau2 P2 | Equipier | Plongeur confirmé |
| Niveau3 P3 | Autonome | Plongeur autonome |
| Niveau4 P4 | Guide de palanquée | Guide de palanquée |
| Niveau5 P5 | | Directeur de plongée |

En résumé, P1, P2, P3, P4, P5 correspondent à des niveaux de pratique.

Mais il faut aussi connaître les niveaux d'encadrement : E1, E2, E3, E4.

| | bénévole | bénévole | bénévole | rémunéré |
|------------|---|--------------------|--------------------------------|---|
| | FFESSM | CMAS | FSGT | Brevet d'Etat |
| Niveau1 E1 | initiateur | | Initiateur (AR-2000) | |
| Niveau2 E2 | Initiateur + P4 ou P4 stagiaire pédagogique | Moniteur 1 étoile | Aspirant fédéral | Stagiaire pédagogique |
| Niveau3 E3 | Fédéral 1 ^{er} degré | Moniteur 2 étoiles | Fédéral 1 ^{er} degré | Brevet d'Etat d'éducateur sportif du 1 ^{er} degré |
| Niveau4 E4 | Fédéral 2 ^{ème} degré | Moniteur 3 étoiles | Fédéral 2 ^{ème} degré | Brevet d'état d'éducateur sportif du 2 ^{ème} degré |
| Niveau5 E5 | | | | Brevet d'état d'éducateur sportif du 3 ^{ème} degré |

En résumé :

E1, à partir de P2, est initiateur en piscine.

E2 (ou M*) est un initiateur de niveau P4 qui enseigne en mer avec la présence d'un E3 (M**)

E4 ou (M***)

A noter que ces niveaux d'encadrement ont suivi une formation spécifique et adaptée en plus de l'acquisition de leurs compétences (formation au secourisme...).

Enfin, l'AM du 28 juin 1998 définit dans son annexe IIIa les **conditions de la pratique de la plongée en milieu naturel en « enseignement »** :

| Espace D'évolution | Niveau de pratique des plongeurs | Compétence de l'encadrement | Effectif maximum de la palanquée |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Espace proche de 0 à 6 m | baptême | E1 | 1 |
| Espace proche de 0 à 6 m | Débutants | E1 | 4 + 1P4 éventuellement |
| Espace médian 6 à 20 m | Débutants en fin de formation | E2 | 4 + 1P4 éventuellement |
| Espace médian 6 à 20 m | Niveau P1 | E2 | 4 + 1P4 éventuellement |
| Espace médian 6 à 20 m | Niveau P2 | E2 | 4 + 1P4 éventuellement |
| Espace lointain de 20 à 40m | Niveau P1 en fin de formation | E3 | 2 + 1P4 éventuellement |
| Espace lointain de 20 à 40m | P2 | E3 | 2 + 1P4 éventuellement |
| Au-delà des 40m | P3, P4, P5 | E4 | 3+ 1E4 éventuellement |

Dans des conditions favorables, les espaces médian et lointain peuvent être étendus dans la limite des 5 mètres. La plongée est limitée à 60 mètres avec possibilité de dépassement accidentel de 5 mètres

En résumé :

P1 + E2 +- P4 < ou = 20 m,

P2 + E2 +- P4 < ou = 40m.

Et nous remercions SAM pour son exposé magistral, et sa conclusion : « telle est la législation à savoir pour les futurs P1 »

Petit rappel sur la poussée d'Archimède (le Doc) :

1. Le principe d'Archimède

Chacun s'est rendu compte qu'un bloc pèse lourd sur le dos lorsque l'on est à terre, mais qu'on ne le sent pratiquement plus dès qu'il est immergé. C'est grâce à la poussée d'Archimède.

Enoncé : tout corps plongé dans un liquide subit une poussée verticale dirigée vers le haut égale au poids du volume du liquide déplacé.

Dans le cas de l'eau, on compte approximativement un kilo par litre.

Applications

- La notion de flottabilité: Si le poids réel d'un objet est supérieur à la poussée qu'il subit, il coule. On dit qu'il a une flottabilité négative (une ancre, par exemple). Si son poids réel est égal à la poussée, le corps reste en équilibre dans le liquide: sa flottabilité est nulle (exemple: une particule en suspension). Si son poids réel est inférieur à la poussée, il flotte à la surface: il a une flottabilité positive (exemple: une bouée, etc..)

- Renflouage d'un objet immergé
- Le principe du « poumon ballast ».
- L'équilibrage de la « stab ».
- La remontée en parachute ascensionnel .
- Utilité du lestage.

Exemple d'utilisation du principe d'Archimède : en immersion, un bloc de 12 litres subit une poussée de 12 kg. Comme il pèse environ 14 kg, son poids apparent dans l'eau sera de 2 kg.

Conclusion : le Principe d'Archimède a de nombreuses applications en plongée et sa connaissance est indispensable.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA PLONGÉE exposés par Stéphane HUC...

1) Petit rappel de la définition d'une pression :

Une pression est une force appliquée sur une surface. Elle s'exprime en kgf/cm² ou en bars, unités physiques très voisines l'une de l'autre.

$$P \text{ (en bar)} = F \text{ (en kg force)} / S \text{ (en cm}^2\text{)}$$

La pression atmosphérique (Patm) est de 1 bar à la surface ou plus exactement de 1013 millibars ou 1013 hecto-pascals ou 760 mm de mercure ...

La pression relative (Pr) ou pression hydrostatique de l'eau exercée au cours de notre plongée est grosso-modo de 1 bar par 10 m de profondeurs , donc de 4 bars en plus pour 40 m d'eau...

Il faut aussi savoir que les gaz sont compressibles alors que les liquides ne le sont pas (ils gardent le même volume quelle que soit la pression).

La pression absolue (Pa) exercée sur le plongeur sera donc de

$$P_a = P_{atm} + P_r$$

$$\text{Soit à 40m} = 1\text{bar} + 4 \text{ bars} = 5 \text{ bars}$$

2. Loi de Boyle-Mariotte

À température égale (pour une même température), le produit de la pression par le volume est une constante.

$$P * V = \text{constante}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constante}$$

Remarque : La loi de Boyle-Mariotte ne s'applique plus pour des pressions extrêmes .

Exemple : pour un ballon de 15 l d'air à la surface de l'eau quel sera son volume à 10m de profondeur ? On applique la formule ci-dessus soit :

$$1\text{Bar} * 15\text{l} = 2\text{Bars} * x$$
$$\text{où } x = 7.5\text{litres}$$

Autres applications pratiques en plongée :

Gonflage des bouteilles :

Si une bouteille de 12 litres est gonflée à 200 bars, quel volume d'air à la pression atmosphérique contient-elle?

Calcul: 12 x 200 = 2400 litres. On parle de « mono 2,4 m³ ».

2) Consommation d'air en fonction de la profondeur Si on sait qu'un plongeur consomme 20 litres d'air par minute en surface, on peut calculer sa consommation à 20, 30 et 40 mètres de profondeur.

Calcul: À 20 mètres (3 bars): 3 x 20 = 60 litres/minute.

Autre calcul = j'ai un bloc de 12 litres d'air à 200 bars ; combien de temps puis-je rester sous l'eau à 10 mètres , idem à 40 mètres, sachant que je consomme en moyenne 20 litres à la minute en surface ?

12 litres à 200 bars = 2400 litres à la pression atmosphérique (1 bar) ; sachant que je consomme 20l. à la minute : 2400/20 = 120 minutes ou 2 heures

2400 litres par 10 m de fond où la pression est de 2 bars = 2400/20/2 = 60 minutes ou 1heure

A 40 m de fond la pression absolue est de 5 bars donc : 2400/20/5 = 24 minutes. Attention ces 24 minutes doivent prendre en compte la remontée et les temps de palier...

3) Utilisation de la « stab » (bouée de sécurité) Plus un plongeur descend, plus la pression comprime les bulles d'air contenues dans le Néoprène de sa combinaison. Son volume total diminue et son poids apparent (voir Archimède) augmente. Il tend donc à descendre et doit augmenter le volume de sa

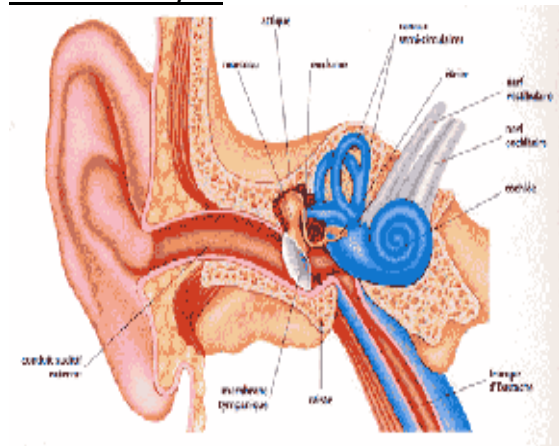
« stab » pour s'équilibrer à nouveau. (Attention! L'utilisation de la « stab » demande de l'expérience).

4) Les accidents barotraumatiques

Ils sont au nombre de 6 :
la surpression pulmonaire
les barotraumatismes de l'oreille
les barotraumatismes de sinus
les barotraumatismes dentaires
le plaquage du masque
la colique du scaphandrier

Les barotraumatismes de l'oreille

Bases anatomiques :



L'oreille comporte trois zones distinctes:

- l'oreille externe, en contact direct avec l'extérieur, formée du pavillon et du conduit auditif externe
- l'oreille moyenne, contenant des osselets et séparée de la précédente par le tympan, une membrane fine, étanche et peu élastique. La Trompe d'Eustache est un conduit mou qui relie l'oreille moyenne au pharynx, dans l'arrière du nez
- l'oreille interne (cochlée) où les vibrations sonores sont transformées en influx nerveux avant d'être acheminées au cerveau. L'oreille interne est aussi le siège du sens de l'équilibre.

L'équilibrage de pression entre l'extérieur et l'oreille moyenne se fait par la trompe d'Eustache. Si pendant la plongée, les différences de pression de part et d'autre du tympan ne sont pas compensées, celui-ci peut se rompre.

À la descente, la pression de l'eau s'exerce vers l'intérieur de l'oreille et à la remontée vers l'extérieur. Une infection peut empêcher aussi l'équilibrage.

Symptômes du barotraumatisme de l'oreille :

Un mauvais équilibrage des pressions provoque une **gêne douloureuse** de plus en plus vive dans une ou les deux oreilles. La douleur est due à la traction du tympan mais ce stade est réversible sans séquelle. Si l'on n'intervient pas, **le tympan peut se rompre**, entraînant une irruption d'eau dans l'oreille moyenne avec **surdité et parfois vertige**,

vomissements et syncope. Dans certains cas, si le tympan ne se rompt pas en profondeur, un épanchement de liquide apparaît dans l'oreille moyenne pour compenser la dépression. *À la remontée, la surpression dans l'oreille moyenne entraîne une gêne douloureuse et une surdité partielle.*

Prévention des barotraumatismes de l'oreille :

- Avant de plonger, consulter un O.R.L. pour rechercher une perforation du tympan, un bouchon de cire, une exostose, une mycose, etc... qui contre-indiquent provisoirement la plongée
- Ne pas plonger avec une infection des voies aériennes supérieures. Même un rhume banal peut entraîner des conséquences dramatiques en plongée
- Après une plongée en mer, rincer ses oreilles à l'eau douce et les sécher.
- Éviter les boules de coton dans les oreilles: elles gardent l'humidité, laissent des fils et favorisent la prolifération de mycoses et de microbes.
- Ne jamais plonger avec des bouchons auriculaires.
- Ne pas forcer si les oreilles « ne passent pas ».

À la descente, effectuer fréquemment (tous les 2 mètres) et sans attendre que la douleur se manifeste, une manœuvre pour compenser les différences de pression :

- Manœuvre de Valsalva: boucher le nez, fermer la bouche et expirer énergiquement.
- Manœuvre de Frenzel: fermer la glotte, pousser la langue en arrière et vers le bas.
- *Les astuces de Stéphane :*
 - en prévention, toujours se rincer le début des fosses nasales en surface avant de plonger.
 - à la douleur ressentie s'arrêter au niveau de profondeur correspondant, effectuer un Valsalva, remonter légèrement et reprendre la descente plus lentement si la douleur a disparu, tout en effectuant des Valsalva tous les 2 mètres environ.
 - la douleur en principe est perceptible dès les 3 premiers mètres et non à 20 mètres...

À la remontée, la surpression dans l'oreille moyenne s'équilibre spontanément dans la grande majorité des cas. *Ne jamais effectuer les manœuvres de Valsalva ou de Frenzel qui aggraveraient la surpression!*

les barotraumatismes des sinus :

Bases anatomiques et physiologiques

Les sinus sont des cavités reliées aux fosses nasales par de minces orifices et dont l'utilité est incertaine (alléger la boîte crânienne?). Les plus importants sont les sinus frontaux et les sinus maxillaires.

En plongée, l'air contenu dans les sinus va se comprimer à la descente et se dilater à la remontée selon la loi de Boyle-Mariotte. Cela ne posera aucun problème, pour autant que les orifices soient

perméables (ce qui n'est pas le cas lors d'un rhume, d'une sinusite, ou plus rarement, lors de certaines malformations locales).

Symptômes du barotraumatisme d'un sinus : un mauvais équilibre des pressions dans les sinus cause de vives **douleurs** dues à la compression ou à l'aspiration de la muqueuse. Celle-ci peut alors **saigner**, ce qui rééquilibre la pression et soulage parfois la douleur, mais amène du sang dans le masque, entraînant parfois de la panique.

Traitement du barotraumatisme d'un sinus : il n'y a aucune manœuvre efficace pour équilibrer la pression dans un sinus. Regagner tranquillement la surface en respectant les éventuels paliers. Un traitement médical n'est pas nécessaire et la guérison survient généralement en quelques heures ou jours, sans séquelles.

Prévention du barotraumatisme d'un sinus :
- Ne pas plonger si l'on est enrhumé.

Le placage de masque :

Lors de la descente, la pression de l'eau qui s'exerce sur la vitre du masque écrase la jupe jusqu'à la limite de la déformation. Au-delà, il y a dépression à l'intérieur et effet de ventouse sur la face. Dans certains cas le masque peut même éclater...

Symptômes

Douleurs au niveau des yeux, du nez, parfois, saignement de nez. À la sortie de l'eau, on observe, mais rarement, les yeux exorbités, une hémorragie (indolore!) dans le blanc de l'œil ou une boursouffure plus ou moins importante de la peau du visage.

Traitement

Les symptômes régressent en quelques heures sans traitement particulier.

Prévention

En descente, l'insufflation d'air dans le masque par le nez amène l'égalisation des pressions et évite le risque de placage, fréquent chez les débutants.

À la remontée, l'équilibre se fait automatiquement car l'air peut s'échapper librement du masque.

Le barotraumatisme dentaire :

Il peut arriver qu'une dent cariée comporte un orifice laissant entrer de l'air. Comprimé à la descente, cet air va se dilater lors de la remontée et, si l'orifice de sortie est trop petit, provoquer une surpression à l'intérieur de la dent.

Symptômes

Une douleur très vive peut se manifester, voire même la fissuration ou l'éclatement de la dent.

Traitement

Remonter très lentement pour permettre à l'air sous pression de s'échapper sans provoquer de douleur. Consulter un dentiste par la suite.

Prévention

Faire entretenir régulièrement sa denture par un (bon) dentiste.

La surpression pulmonaire :

La surpression pulmonaire est l'un des accidents les plus graves qui guettent le plongeur. Il est provoqué par une dilatation excessive des poumons au cours de la remontée vers la surface.

Mécanisme de la surpression pulmonaire

Lorsque, en remontant, le plongeur bloque sa respiration, l'air contenu dans les poumons se dilate (voir "Loi de Boyle-Mariotte). Comme les poumons ne sont pas très extensibles (moins de 10%), l'augmentation du volume de l'air entraîne une rupture des alvéoles pulmonaires. **La surpression pulmonaire arrive en général dans les dix derniers mètres** et, contrairement aux accidents de décompression, il est fréquent chez les débutants.

Formes de la surpression pulmonaire

On distingue deux formes cliniques de surpression pulmonaire:

- La forme pulmonaire pure:

Il y a rupture de la paroi alvéolaire. L'air pénètre dans la cavité pleurale et décolle le poumon de la plèvre: on parle de pneumothorax. L'air peut aussi s'infiltrer dans d'autres organes: pneumo médiastin, pneumopéritoine, emphysème sous-cutané.

- La forme encéphalique :

L'irruption d'air ne se fait pas au niveau des tissus avoisinants mais dans les vaisseaux sanguins du poumon. Il passe par la veine pulmonaire, les cavités gauches du cœur et l'aorte, puis s'engouffre dans les artères carotides jusqu'au cerveau. Il s'ensuit une obstruction des vaisseaux sanguins irriguant le cerveau (embolie gazeuse cérébrale).

Symptômes de la surpression pulmonaire

Dans la forme pulmonaire pure,
on constate:

- Une oppression thoracique douloureuse, isolée dans les cas subaigus peu graves.
- Une sensation de manque d'air avec inspiration difficile.
- Une toux sèche au début, puis avec expectoration saumonée (salive et sang) qui signe la rupture alvéolaire.

- Une accélération du pouls à 150 ou 200 par minute
- Une chute de tension
- L'explosion des poumons est la forme suraiguë (rare)

Dans la forme encéphalique,
il peut y avoir:

- Une perte de connaissance
- Une cécité (amaurose)
- Une surdité brutale et totale
- Une monoplégie (paralysie d'un membre)
- Une hémiplegie (paralysie d'une moitié du corps, celle opposée au côté du cerveau atteint)
- Une crise convulsive
- Un arrêt de la respiration et du cœur

NB : La surpression pulmonaire est souvent aggravée par un accident de décompression.

Traitement de la surpression pulmonaire

- Oxygène normobare
- Réanimation cardio-respiratoire
- Recouvrir l'accidenté d'une couverture de survie et appelé les secours par les moyens appropriés (VHF en mer : « Pan pan » par Canal 16, ou téléphones : le 15 avec un téléphone filaire ou le 112 pour les téléphones portables)
- Transfert urgent en milieu médical
- Drainage du pneumothorax
- Caisson de recompression

Prévention de la surpression pulmonaire

- Ne jamais bloquer sa respiration à la remontée.
- Ne jamais alimenter en air comprimé un plongeur en apnée, surtout s'il vous fait le coup du « j'ai oublié ma bouteille ».

Conclusion

La surpression pulmonaire est un accident dont les conséquences sont souvent gravissimes, mais qui peut facilement être évité, à condition de respecter quelques règles simples de remontée en surface :

Vitesse de remontée inférieure à 15 mètres par minute.

Vitesse de remontée diminuant au fur et à mesure que l'on se rapproche de la surface (pratiquement 3 m/minute dans les derniers m. puis main par main voir doigt par doigt le long de la cordée de remontée si elle existe...

La colique du plongeur :

Mécanisme

Les gaz stationnant dans l'intestin sont, eux aussi, soumis à la loi de Boyle-Mariotte et vont donc se dilater à la remontée en distendant l'intestin.

Symptômes Douleurs abdominales, identiques à celles d'une colique. Si elles sont intenses, elles peuvent entraîner un malaise, voire une syncope.

Traitement **Remonter lentement pour favoriser le transit en douceur des gaz. Ne pas se retenir de « péter »...**

Prévention Avant de plonger, éviter les boissons gazéifiées et les aliments favorisant la production de gaz (féculents, choux, etc.) Éviter d'avaler de l'air en plongée,

Enfin et à juste titre Stéphane nous a rappelé les risques d'accidents par insolation en été lorsqu'il faut plonger directement d'un bateau. Afin d'éviter un Diving-reflex pouvant devenir mortel, avec blocage de la glotte, se mouiller copieusement la tête avant de plonger.

La théorie du vendredi 11/03/2004, en principe pour les 2 niveaux, et dispensée par Stéphane HUC

L'accident de décompression :

Principe physique

Imaginez une bouteille contenant de l'eau et de l'air comprimés par un piston. L'eau est incompressible mais l'air comprimé se dissout dans l'eau tout en supportant une diminution de volume avec l'augmentation de la compression. Le piston relâché, l'air se dilate à nouveau et la partie gazeuse qui était diluée se gazéifie à nouveau.

La respiration en plongée suit les mêmes règles, et les gaz respirés¹ et dissous dans le sang forment des bulles au cours de la remontée. Si la remontée est lente nous aurons affaire à des micro-bulles. Si la remontée est trop rapide, nous verrons apparaître de grosses bulles dans le sang, bulles qui pourront arrêter la circulation vitale d'une partie d'un organe, ou de notre organisme. On parle alors d'embolie (pour ce qui est d'une bulle) provoquant un infarctus (un arrêt circulatoire dans une artère), l'existence d'un infarctissement (un arrêt circulatoire dans une veine) étant peu probable en plongée. Les bulles les plus dangereuses sont celle d'azote...

C'est pour cette raison que le plongeur doit respecter une vitesse de remontée, assortie ou non de palier, afin d'éviter l'embolie.

La vitesse de remontée préconisée était autrefois de 17 mètres par minute.

Aujourd'hui, la vitesse préconisée est de 15 mètres par minute.

Toutefois, plus on s'approche de la surface et plus cette vitesse de remontée doit être ralentie.

Pratiquement de main à main entre 3 et 6 mètres.

¹ L'air est composé d'environ 20 % d'oxygène et de 80% d'azote.

Et de l'ordre du doigt après doigt le long de l'amarre du bateau accompagnateur dans les 3 derniers mètres, surtout s'il s'agit d'une plongée profonde.

Autre principe, tout relatif, cela consiste à remonter à la vitesse des plus petites bulles expirées. Au niveau de l'acquisition de PN1, seules ces données sont à retenir, le moniteur ayant la responsabilité de la gestion des temps de décompression.

Deux remarques s'imposent :

Eviter en remontant de jouer au yo-yo avec les profondeurs (monter – descendre – monter etc.) ; comme pour une bouteille de Coca que l'on agite, vous risquer d'augmenter l'apparition de bulles et d'embolies dans le sang.

Ne jamais effectuer d'apnée en remontant : les gaz comprimés dans les poumons à 10 mètres de profondeur doublent leur volume arrivés à la surface et entraînent un barotraumatisme pulmonaire.

Tous les tissus ne seaturent pas en azote à la même vitesse: on définit ainsi la période d'un tissu comme le temps nécessaire à ce qu'il soit à moitié saturé. Exemples :

- sang 2 à 3 minutes
- muscles 20 à 40 minutes
- moelle osseuse 2 à 4 heures

Lors d'une remontée assez lente, l'azote sera éliminé progressivement par les poumons via le sang dès sa sortie des tissus.

Les symptômes d'une embolie gazeuse.

Si la remontée est trop rapide, la sursaturation de l'azote dissous dans les tissus (sang, muscles, graisse, moelle, cartilages, os, etc.) va entraîner la formation de bulles, à la manière de ce qui se passe quand on ouvre une bouteille d'eau gazeuse. C'est la maladie de décompression.

Par leur action mécanique (obstruction des capillaires sanguins) et par les réactions biochimiques qu'elles déclenchent (libération de « médiateurs » chimiques, agrégation des globules rouges et des plaquettes, activation de la coagulation dans les vaisseaux, augmentation de la perméabilité capillaire, etc.), les bulles vont perturber gravement la circulation et le métabolisme de plusieurs organes.

La maladie de décompression survient assez précocement:

- dans 50% des cas en moins de 30 minutes
- dans 85% des cas en moins de 1 heure
- dans 95% des cas en moins de 3 heures
- dans 99% des cas en moins de 36 heures.

On peut détecter les bulles et en évaluer la quantité grâce à un appareil ultrasonique à effet Doppler.

Symptômes par ordre de sévérité croissante;

Symptômes généraux :

sensation de fatigue (asthénie),
s'accompagnant parfois d'une impossibilité à uriner

Au niveau de la peau :

Démangeaisons (« comme par des piqûres de puces »).

Boursoufflures formant des « moutons » indolores.

Dans les cas extrêmes, sensation de crépitation « neigeuse » sous la peau, signe d'emphysème sous cutané, sans grande gravité.

Au niveau des os et des articulations :

« Bends »: douleurs vives en sortie de plongée, et durables (24 à 48 h.) localisées

à l'épaule, au genou, au coude, à la hanche, au poignet, à la cheville (surtout aux articulations qui ont été très sollicitées)

Au niveau du système nerveux :

Vomissements (embolie au niveau de l'oreille interne).

Fourmillements, engourdissement des extrémités.

Troubles de la vue, de la parole, de l'équilibre (vertiges) = embolie au niveau de l'oreille interne.

Paralysie des membres inférieurs (paraplégie), des quatre membres (tétraplégie) de la moitié du corps (hémiplégie) d'un ou plusieurs nerfs.

Convulsions, coma

Chute de tension, troubles respiratoires, mort...

Traitement de l'accident de décompression :

L'intervention doit être aussi rapide que possible dès l'apparition des premiers symptômes: ambulance, hélicoptère², etc..

En attendant l'évacuation (mais ces geste ne concernent pas le PN1):

Inhalation d'oxygène normobare (à 1 bar)

Hydratation : 1 litre d'eau plate à boire lentement si la victime est consciente.

Réanimation cardio-respiratoire si nécessaire.

L'administration par voie orale d'aspirine soluble (Aspegic, Alcacyl) est discutée : elle peut améliorer la circulation sanguine (par effet anti aggrégant sur les plaquettes de la coagulation) mais peut aussi aggraver un éventuel saignement interne ou

² Appels de détresse sur VHF marine, canal 16, précédé de 3 « PAN PAN » ; ne pas oublier de donner une localisation précise du lieu où s'est produit l'accident. Utilisation également du 112 pour un téléphone mobile. Le descriptif de la localisation est aussi important que l'appel lui-même, car il n'y a pas de possibilité de repérage goniométrique pour ces instruments de communication. Le Doc insiste sur la localisation de l'accident, ayant été plusieurs fois témoin en mer de l'abandon de secours faute de localisation précise. Le genre en « face de l'Espagne » est une indication à proscrire, et qui est malheureusement parfois encore interceptée dans les appels aux secours...

externe. Se renseigner également au préalable qu'il n'y ait pas d'allergie du patient...

Traitement hospitalier :

Re-compression dans un caisson multiplace.

Oxygénothérapie hyperbare (sous pression).

dérivés de la cortisone (sauf chez les diabétiques sucrés).

Médicaments vasodilatateurs : Praxilène, Trental, Hydergine

Perfusion de Rhéomacrodex (diminue l'agrégation des plaquettes, donc la viscosité du sang)

Remarque : toute maladie de décompression contre-indique la plongée pour une durée à déterminer par le médecin (par exemple 10 jours pour un « bend »).

Prévention de la maladie de décompression :

- Apprendre à plonger !
- Respecter les consignes de sécurité.
- Pas de témérité! La maladie de décompression touche aussi et surtout des plongeurs expérimentés. Ne pas plonger si l'on est fatigué, pas en forme (voyage, insomnie...).
- Éviter les gros repas et l'alcool avant la plongée.
- Éviter les efforts inconsidérés au fond .
- Rester autant que possible dans la courbe de sécurité et faire en plus un palier de sécurité de 3 minutes à 3-5 mètres.
- Pour les mêmes raisons de sécurité ne pas dépasser les 40 minutes (remontée comprise) pour une plongée à 20 mètres de profondeur.
- Se ré-immérer en cas de remontée trop rapide. Un bloc de réserve est prévu : il permet de redescendre dans les 3 minutes après une remontée « catastrophe », pour autant qu'aucun symptôme ne se soit manifesté.
- Boire abondamment en surface après une plongée (de 1 à 2.5 litres d'eau), et surtout ne pas boire d'eau gazeuse.
- Ne pas faire plus de 2 plongées successives...
- Prévoir une bouteille de réserve: elle permet de redescendre dans les 3 minutes après une remontée « en catastrophe » pour un problème technique, pour autant qu'aucun symptôme ne se soit manifesté.
- Pas de vol en avion dans les 8 heures qui suivent une plongée.
- Pas d'apnée avant et après une plongée.
- Pas d'effort après une plongée : pas de sport dans les 8 heures qui suivent, et surtout pas de sport à la montagne ensuite.
- Se maintenir une circulation sanguine libre : éviter de porter des vêtements serrés, et adopter une position du corps qui évitera les « fourmis ».

Règles et consignes pour une bonne plongée, par Stéphane HUC

Une bonne préparation de la plongée, la veille :

Se coucher tôt.

Eviter toute fatigue physique (pas de bringue), mais aussi toute fatigue morale (ne pas plonger dépressif !)

Un bon plongeur est celui qui réalise le minimum d'effort en plongée , avec notamment un palmage ample.

Ne pas plonger malade.

Une bonne préparation de la plongée, le jour même :

prendre un petit déjeuner consistant. Mais ne pas se gaver au risque d'être malade sous l'eau.

Organiser son matériel afin qu'il soit prêt le plus rapidement possible (masque , robinet, ceinture de plomb) à portée de main.

Ecouter et suivre les consignes du chef de palanquée (Breafing)

Respecter le mode de mise à l'eau à savoir que les techniques sont différentes suivant que le bateau est au mouillage ou qu'il s'agit d'un largage sur site.

La mise à l'eau au mouillage :

Après avoir vérifié son matériel et sa pression (le maximum pour une plongée en mer soit 200 bars).

Se mettre à l'eau selon l'indication donnée par le chef de palanquée et passer tout de suite vers l'avant du bateau.

Se tenir au mouillage en attendant la suite de la palanquée, notamment s'il y a du courant, sinon gare à l'essoufflement --- et à l'échec de la plongée ---.

S'il y a du monde à l'amarre, se tenir à l'épaule d'un copain en attendant que toute la palanquée soit rassemblée.

En cas de « pompage », mouvement lié à la houle sur l'amarre, ne pas serrer « le pendeur » dans sa main mais le laisser coulisser entre les doigts, au gré justement de la houle (garder en outre le masque et le détendeur en bouche, pour éviter la tasse).

Au signal, descendre le long du « pendeur ».

En cas de largage sur site :

Suivre les consignes du moniteur.

Plonger droit en général.

Ne pas traîner ; l'ensemble de la palanquée doit s'être immergée en moins de 12 minutes.

Attention, il existe une houle de fond , même à 3 mètres de profondeur.

Réussir une bonne plongée, c'est :

- Rester proche les uns des autres, à une distance maximale de 2 bras tendus.
- Rester toujours au même niveau que le chef de palanquée.
- Rester toujours à la même profondeur que le chef de palanquée. C'est lui qui déterminera les calculs de décompression.

- Ne rien toucher sous l'eau. En Méditerranée, nous n'encourons pas de gros risques d'envenimation, mais on ne touche pas les poissons-pierres, aux 3 arrêtes dorsales venimeuses, ni les oursins (en principe dans la zone des 8 mètres maximum) ... On évite de se faire sucer le doigt par un congre ou une murène. Et surtout on ne le nourrit pas !
- Ne rien toucher sous l'eau, pour éviter de dégrader quoi que ce soit. Un palmage indelicat peut détruire irrémédiablement une gorgone.
- Eviter les palmages intempestifs, générateurs d'essoufflement et de panique ; 0 moins de 20 mètres de profondeur, un essoufflement peut être récupéré, mais pas au-delà.
- Toujours se stabiliser.
- Eviter les courants : se positionner sur les bords et non au centre. En cas d'évolution dans le courant , se laisser porter par ce dernier au lieu d'essayer de le remonter.
- Si le chef de palanquée doit intervenir, le suivre tous, sauf mention spéciale (dans les petites profondeurs).
- Contrôler régulièrement son manomètre. Rappel : le geste des 2 mains en équerre signifie « je suis à mi-bouteille ».Le poing fermé sur le côté du crâne signifie « je suis sur ma réserve ». Sinon , à la demande du chef de palanquée, indiquer la pression de son manomètre avec 1doigt par dizaine de bars : « 5 doigts = je suis sur réserve ; 15 doigts = 150 bars ». Il arrive parfois que certains plongeurs consomment plus que d'autres et que le moniteur l'autorise à venir s'alimenter quelques instants sur son « octopus ».
- Le palmage doit être de grande amplitude plutôt qu'à rythme soutenu pour éviter l'essoufflement
- Remonter à la même vitesse que le moniteur.
- Le parachute indique la position de remontée.

La remontée au mouillage :

- Remonter à la même vitesse que le moniteur.
- Ne pas oublier d'être correctement lesté ! En fin de plongée, l'air ayant été consommé le bloc est beaucoup plus léger, et la remontée va être trop rapide.
- NE PAS FAIRE DE VASALVA EN REMONTANT. Mais il est possible d'en effectuer un au cours d'un palier ; La suppression liée au Vasalva au cours de la remontée risque de renvoyer l'azote exhalé

à la dissolution sanguine, et de ce fait retarder la dessaturation.

- Pour les mêmes raisons, ne pas regonfler en surface sa « stab » avec la bouche, sous prétexte d'économie d'air...
- Le parachute indique à la surface la position de remontée.
- Ne pas retirer son masque et son détendeur avant d'être sur le bateau. En cas de houle prononcée lorsque l'on est sur l'échelle, on risquerait de « boire la tasse ».
- Ne pas dégonfler en surface la « stab » du copain par surprise.
- Pour les sensibles au mal de mer, savoir que même ce dernier peut être perçu au palier des 3 mètres.
- Attendre son tour pour monter à o'échelle. Ne pas rester dessous.

Après la plongée :

- Boire abondamment en surface après une plongée (de 1 à 2 litres d'eau), et surtout ne pas boire d'eau gazeuse.
- Ne pas faire plus de deux plongées successives...
- Pas de vol en avion dans les 12 heures qui suivent une plongée.
- Pas d'apnée avant et après une plongée.
- Pas d'effort après une plongée : pas de sport dans les 8 heures qui suivent, et surtout pas de sport à la montagne ensuite.
- Se maintenir une circulation sanguine libre : porter des vêtements amples, dans une position du corps qui évitera les « fourmis ».

Merci Stéphane

Rubrique HISTOIRE : DES PIEDS LOURDS AU PLONGEUR AUTONOME

De tout temps l'homme a cherché à rester immergé plus longtemps que l'apnée ne le lui permettait. Diverses solutions ont été envisagées à travers les âges dont certaines furent irréalisables et d'autres ont abouti au scaphandre autonome que nous tentons d'appivoiser...

La première des solutions trouvées par l'homme fut d'utiliser un roseau plus qu'une paille pour respirer tout en étant immergé. Il est inutile aujourd'hui de jouer les Indiens, nos tubas nous font largement l'affaire³.

³ LA PAILLE ET LE RENARD : Maître Goupil est souvent affublé d'un instinct et d'une intelligence phénoménale. Qui n'a pas entendu dire que pour se débarrasser de ses puces, notre renard s'immergeait dans l'eau pendant un temps certain pour les noyer. Ce faisant et pour respirer, ce dernier utilisait une paille en guise de tuba . C'est là

En outre toute plongée s'accompagne d'une augmentation de pression inexorable des liquides sur la cage thoracique, ayant pour résultat de limiter les efforts d'inspiration et d'expiration, sans compter la très faible variation de pression entre l'extérieur et l'intérieur des poumons (quelques centièmes d'atmosphère). En pratique, au-delà de 50 cm, il est impossible de respirer avec un tuba aussi grand...C'est pourtant ce qu'avait imaginé Léonard de VINCI, vers 1500⁴. Son nageur était affublé d'un grand tuba flexible traversant à son extrémité un bouchon de liège pour le maintenir en surface, ainsi que des « Palmes natatoires » apparemment aux mains, et que De CORLIEU inventera 450 ans plus tard

Pour observer les fonds sans rester en surface, l'homme a donc du trouver d'autres solutions.

Les cloches de Plongées

La première utilisation historique d'une cloche de plongée (conçue par Aristote au IV^{ème} siècle Av JC) est rapportée par Alexandre le Grand. La cloche de plongée était fixée à partir de la surface par des câbles. La cloche de bois cerclée de cuivre (322 av JC) devait être lestée pour descendre, et pendant sa descente, elle emprisonnait et comprimait l'air. Les plongeurs nageaient alors vers le bas de la cloche et l'utilisaient comme réserve d'air frais. Les cloches étaient toutefois rapidement remplies de gaz carbonique et devaient être remontées à la surface pour être rechargées en air frais. Ces premières cloches avaient plus une fonction de réserve d'air en vue d'une activité autonome qu'une fonction d'exploration.

En 1616, **Franz Kessler** dessine une première cloche de plongée en bois, digne de ce nom.

Le physicien italien **BORELLI** dessine en 1680 un **sac de cuir gonflé d'air**, un peu comme un poumon artificiel, que les travailleurs sous-marin utilisent comme recycleur. Il pensait aussi qu'on pouvait purifier l'air en le faisant passer dans un tube de cuivre refroidi par de l'eau de mer, les impuretés devaient se condenser et on obtenait ainsi de l'air frais...Le plongeur devait respirer grâce à tuyau qui relie le sac à sa bouche. Borelli invente aussi un

que le bas blesse : vu le diamètre de la paille essayer, même pour un renard de respirer en étant immergé, sans vous essouffler ! Deuxième aspect de la légende, la puce est un invertébré au système ventilatoire totalement différent, avec des trachées microscopiques réparties tout le long de son corps, si petites que la viscosité de l'eau ne lui permet pas de rentrer facilement : il faut environ 3 heures pour noyer une puce !

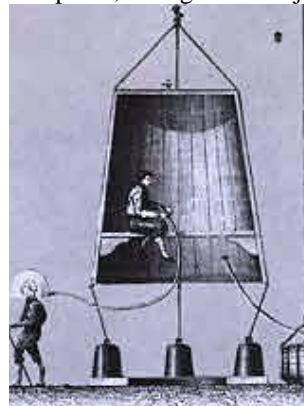
⁴ D'après ses dessins dans le Codex Atlantica.

chausson palmé que les plongeurs portent aux pieds, chausson qui ressemble plus à une patte de griffon ...

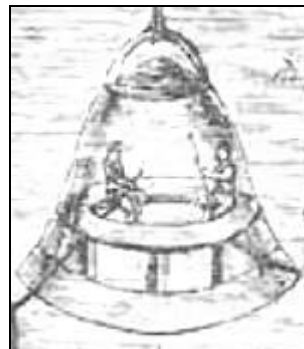


le plongeur de BORELLI

En 1690, **Edmond HALEY**, l'astronome (qui laissera son nom à une comète), fabrique une cloche qu'il recouvre de plombs pour qu'elle puisse résister à la pression. L'air y est régénéré par des tonneaux étanches contenant de l'air; ils sont reliés à la cloche par des tubes en cuir. Lors du premier essai Haley plonge avec quatre hommes pendant plus d'une heure à une profondeur d'environ 50 pieds. Il est possible pour les plongeurs de quitter la cloche à tout moment grâce à un casque alimenté par un tuyau. Cette cloche sera réellement utilisée pour des travaux sous-marins tels que la construction de ponts, de digues et de jetées.



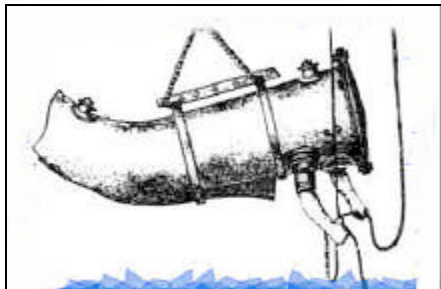
Edmond HALLEY améliore à nouveau le système de la cloche de KESSLER en 1717. Toutefois cette cloche de verre n'est qu'une utopie. L'industrie du verre est alors en plein essor mais les contraintes liées à sa réalisation relèvent à l'époque de l'impossible.



Denis PAPIN (1647-1714) invente lui aussi une cloche de plongée mais l'alimente pour la première fois en air sous pression au moyen de soufflets de forge. Mais cette technologie n'est cependant pas expérimentée.

Aux XVIIIème siècle les cloches de plongées prennent de l'importance. Elles sont devenues fonctionnelles. Elles se composent toujours d'une chambre de bois sans fond et d'un verre dans la partie haute. Elles sont alimentées en air par des tubes reliés à des fûts plein d'air, et fixées par des poids sur le fond pour éviter des mouvements de houles. Une version en acier de ce système voit même le jour pour des travaux sous-marins tels que la construction de ponts, de digues et de jetées. Cette version acier sera prédominante au XIXème...

Sur un principe légèrement différent, l'Anglais **John LETHBRIDGE** invente en 1715 un **tonneau de plongée individuel**. Il s'agit d'un tonneau en bois fermé à son extrémité par du verre, avec 2 trous pour le passage des bras afin de réaliser quelques travaux extérieurs. L'étanchéité est assurée à l'époque par des manchons de cuir... Il estime avoir suffisamment d'air pour une plongée de 30 minutes maximum, à une profondeur de 18 mètres, bien qu'il ait réalisé une plongée jusqu'à 24 m. Ce tonneau de plongée est pour son époque d'une efficacité certaine et voit son utilisation se développer.



1717 : tonneau de plongée de John LETHBRIDGE

Le DOC (à suivre...)