

# Matériel - Force - Pression

point de départ : les incidents ou accidents liés à la plongée.

## les risques :

- \* froid & fatigue
- \* vision et respiration (surface)
- \* déplacement
- \* noyade, respiration subaquatique
- \* orientation et gestion

## d'où viennent les problèmes ?

- \* la capacité thermique de l'eau (l'eau n'est pas un isolant)
- \* l'œil humain n'est pas du tout adapté à l'eau
- \* l'environnement est totalement différent, la lumière et le son ne se comportent pas comme dans l'air (diffraction de la lumière, vitesse du son)
- \* l'eau a une densité très supérieure à l'air
- \* la densité de l'eau entraîne une fatigue importante lors du déplacement
- \* l'humain ne dispose pas de branchies (les poumons ne fonctionnent pas sous l'eau)
- \* le milieu désoriente le plongeur, qui n'a plus de repères

## et comment les régler ?

- \* combinaison
- \* masque adapté, tuba
- \* palmes
- \* gilet
- \* air comprimé
- \* bloc, détendeurs
- \* boussole, ordinateur, observation



En 3 000 avant JC, le plongeur initial était tout nu (ou presque). Il a fallu attendre 1970 pour qu'il soit totalement équipé (pour l'époque, voir plus loin...), trop peut être...  
Donc on commence par la

## combinaison

Dans nos régions elle protège d'abord du froid. Partout ailleurs, elle protège aussi du froid, mais pas que...

### *Physique :*

*l'eau a une capacité thermique très élevée, 4200 pour l'eau, 1,3 pour l'air, soit 3000 fois plus. elle peut donc stocker beaucoup de chaleur, qu'elle conduit assez bien (conductivité eau 0,6, de l'air 0,03, soit 20 fois plus)*

Tout va mal, car en plongée, nous baignons dans l'eau (!), avec le corps d'un côté, et l'océan de l'autre.

Vous avez perdu d'avance si vous pensez réchauffer la mer !

En revanche, si on piège l'eau entre le corps et une membrane souple (la combinaison), alors elle va se réchauffer et vous isoler.

Donc une combinaison ajustée et bien fermée est une solution efficace, et elle vous protégera aussi des chocs avec les rochers, le bateau, les poissons, etc...

Je lui ai rajouté des gants et des chaussons.

Les gants, pour ne pas avoir froid MAIS PAS pour toucher à tout, car la mer et les poissons sont fragiles, et nos bactéries leurs sont mortelles.

Ne pas mettre de gants, c'est apprendre à se stabiliser sans les mains, et donc à éviter de les mettre dans le masque du copain, ou sur un oursin... voire sur un poisson « piquant ».

*En Egypte, les gants sont interdits sur les sites sensibles.*

Les chaussons protègent aussi du froid, et des frottements des pieds avec les palmes...



# masque adapté

l'œil humain n'est pas du tout adapté à l'eau (l'environnement est totalement différent, la lumière est diffractée, les couleurs faussées ou inexistantes).

Sans lumière, et sans masque, tout est vert et flou; avec l'œil directement dans l'eau, vous ne voyez « rien ».

Donc, perdre son masque est un vrai problème, pouvant être dangereux dans des conditions extrêmes (grottes, courants...)

## *Physique :*

*l'eau a un indice de réfraction 33% plus élevé que l'air... la mise au point des appareils optiques (l'œil) dépend des caractéristiques des lentilles. Avec les paramètres de l'eau, l'œil ne peut avoir une vision nette des objets; de surcroît, l'eau de mer, salée, a une action irritante sur l'œil, et fait disparaître les larmes...*

# le son

Et les sons ne se comportent pas comme dans l'air, du fait de la densité de l'eau .

La provenance d'un son est automatique pour nous; elle est liée à la différence de perception d'un même son par chacune des oreilles.

Le cerveau (le truc entre les deux oreilles) détermine à partir de cet écart (30µs) la direction de la provenance du son (enfin, c'est l'explication la plus simple, bien suffisante pour ce cours...)

La prise en compte de cette difficulté de perception des sons est essentielle au plongeur. Il ne peut déterminer d'où vient le son du bateau qui approche, et il doit donc être TRES vigilant et utiliser sa vue.

## *Physique :*

*l'eau a une densité de 1 (soit 1 kg/l), l'air a une densité de 1,3g/l, soit 770 fois moins.*

*la vitesse du son dans l'eau est de 1500 m/s, soit 4 fois plus vite que dans l'air (340 m/s)*

*si pour la réfraction de la lumière, on peut mettre un masque, pour le son, il n'y a pas de solution. Les conséquences sont importantes*

# tuba

le tuba ne sert pas à faire de la musique, pas plus qu'à fouiller les trous dans la roche.

il ne permet pas de respirer sous l'eau, mais reste indispensable pour se déplacer à la surface de l'eau, le dos vers le haut... je sais, vous savez ! mais on a vu suffisamment de plongeurs remonter affolés en surface pour « expectorer » l'eau de mer imprudemment inhalée, donc mieux vaut rappeler l'évidence !

une fois admise la position, c'est un accessoire indispensable.

Normalement, il se fixe sur le côté de la jambe... ou dans une poche de la « stab »

le plongeur commence à ressembler à un sapin de Noël !



## palmes

Pour se déplacer sous l'eau, il est nécessaire d'avoir des palmes, (ou un moteur, couteux et encombrant, voire dangereux).

Généralement en polymère (plus rarement en fibre de verre, voire en fibre de carbone), elles peuvent être chaussantes (elle se termine par un chausson) ou "réglables", où une sangle vient serrer la palme sur le pied.

Dans les deux cas, il faut protéger la peau du pied par un chausson (voir ci-dessus) en Néoprène (renforcé dans le cas des palmes réglables). Les palmes sont **INDISPENSABLES** pour se déplacer sous l'eau, mais elles impliquent une dépense d'énergie importantes (voir ci-dessus l'annexe sur la densité de l'eau qui s'oppose au déplacement)

Fatigue donc, qui peut se traduire par des crampes, et une moindre résistance au froid...

Il faut donc les choisir avec soin, les essayer, pour éviter les incidents, qui peuvent se transformer en accidents... et vérifier l'état des sangles sur les palmes réglables, et des chaussons sur les palmes chaussantes !



*Physique :*

*Archimède, vous connaissez ?*

*tout corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale (de bas en haut) égale au poids du volume de fluide déplacé... rappelez vous que la densité de l'eau est égale à 1, donc dans l'eau, vous ne pesez plus beaucoup, meme si vous avez des gros os...*

*la stab vous permet de faire les deux : vous alourdir (les plombs) et vous alléger, en la gonflant. on vous apprend à gérer les deux.*

## gilet (stabilisateur) appelé « stab »

Essentiel, et central, le gilet stabilisateur, ou plus rapidement « stab », en tissu très résistant, sert à tout.

Il est muni de « vessies » de stabilisation, qui peuvent être gonflées, ou purgées, par l'intermédiaire du **direct system** (terme anglais qui signifie « système direct » !), aussi appelé **inflateur**, relié à la bouteille d'air comprimé.

Des purges hautes et basses sur le gilet permettent à l'air de s'échapper rapidement.

Une ou plusieurs sangles fixent la bouteille d'air comprimé (« bloc ») dans le dos.

Enveloppant, ou réglable, le gilet est aussi muni de poches, d'anneaux, permettant d'emporter tout (et n'importe quoi) :

- le plombage, ou lest, sous forme de plomb, ou de sac de grenaille
- le parachute de plongée
- la lampe
- les tables de décompression
- l'ardoise
- etc...

le sapin de Noel est là !



Plus sérieusement, la stab est votre véritable vêtement de plongée, même dans les eaux chaudes où la combinaison n'est pas indispensable.

On va y arriver, mais il faut respirer sous l'eau (!) et le bloc est lourd, encombrant et indispensable. Donc le fixer sur la stab est inévitable; laquelle permet de se déplacer à la surface, avec ce truc de 18 à 25 kg dans le dos...

Mais aussi sous l'eau, où le poids apparent passe entre 1 et 6 kgs (mais la masse est toujours là).

La stab vous stabilise et vous permet de remonter, car en la gonflant, on augmente sa flottabilité, et en la purgeant, on la diminue. Au prix d'une consommation de votre précieux air, qui ne vous servira pas à respirer... donc modération dans l'utilisation de l'inflateur.

A la surface, le gilet vous stabilise, et vous permet d'attendre le bateau sereinement. Vous pouvez aussi vous déplacer en surface, en restant visible, sans trop vous fatiguer (avec le tuba...)

*Physique (encore) :*

*Archimède, vous connaissez !*

*mais à votre avis, c'est stable, tout ça ?*

*en fait non. Car nous sommes toujours sur la résultante de deux forces, la poussée « d'Archimède » et le poids, qui s'opposent. Le poids ne change pas (infinitésimal), mais la poussée d'Archimède varie très vite, car le volume d'eau déplacé dépend lui de la quantité d'air que vous avez insufflée dans la vessie de la stab, et de la pression ambiante (vous me suivez ?)*

*or l'air est un gaz, compressible, qui obéit à Mariotte (1684), à savoir  $PV=constante$  (Pression x Volume)*

*donc, si vous remontez, la pression diminue, le volume de l'air augmente, et donc le poids du volume d'eau déplacé augmente aussi, et la poussée vers le haut itou... et ça ne fait qu'accélérer*

*donc, vous purgez la stab, évidemment trop vite !  
la remontée cesse, vous redescendez, trop vite !*

*Yoyo, couteux en air, mais aussi très dangereux pour vos petits poumons !*

*comment s'en sort on ?*

*en utilisant tous nos équipements naturels, à savoir notre cerveau (no comment) et nos poumons, qui sont plus précis que la stab, et qui permettent l'ajustement « fin » de notre flottabilité !*

## **air comprimé, bloc, détendeurs**

On y arrive : l'air

De l'air normal, avec 78% d'azote (N<sub>2</sub>), 21% d'oxygène (O<sub>2</sub>), et des traces d'autres gaz, dont 0,04% de CO<sub>2</sub> (y'en a pas beaucoup, mais heureusement !)

l'azote ne nous sert pas, mais il vient nous perturber la plongée...

Comme il nous faut environ 6l à 10l d'air par minute (voire beaucoup plus en cas d'effort, jusqu'à 200l); on va tabler sur 15l/mn.

donc, pour une heure à la surface, il nous faut 900l d'air (quand même !); à 10m, on en est à 1800l, etc... (rappelez vous Mariotte)

une bouteille de plongée fait 12l, soit UNE minute d'autonomie à la surface...

DONC, on comprime l'air !

avec 200bar, soit 200 x la pression atmosphérique, on obtient 80mn d'autonomie à 20m, en consommant 30l/mn

Et ensuite, on augmente la taille de la bouteille (ou « bloc »), on augmente la pression (...230b) et on économise son air !

Il est beau, ce plongeur, avec son cumulus dans le dos !



Mais tous les problèmes du plongeurs viennent de là : il doit respirer de l'air, tout le temps. L'apnée est INTERDITE en plongée bouteille, (mais vous pouvez parallèlement faire de l'apnée, discipline différente et très sympa)  
On a donc dans le dos un bloc de 20 kgs, contenant de l'air à 200b, encombrant.

Donc, fatigue, chocs, surpression, panne d'air

Sous l'eau, mais aussi au dessus, dans le bateau, la voiture, en marchant.

Donc : le bloc mérite respect et attention, entretien et précautions. Et il coute cher (entre 250 et 350€, à vous ou au club)

Et là, il ne sert à rien !

Essayez de respirer de l'air à 200b...

Donc (re) on va ramener la pression de l'air du bloc de 220 bars (au début de la plongée), à x bars, suivant la profondeur

### Physique

*ici, on navigue entre Archimède, Mariotte et les autres. En profondeur, l'eau pèse sur votre corps, de 1bar supplémentaire tous les 10 mètres. Donc 1bar à la surface, 2bar à 20 mètres, 3 bars à...*

*Non seulement, il vous faut de l'air, mais en plus à la bonne pression.*

*Et là, miracle ! Les deux étages des détendeurs, mis au point par des Français (!), vous donnent l'air à la bonne pression. Le premier étage ramène l'air de 220 bars à 9 bars, le deuxième de 9 bars à x bars (exemple à 20m, à 3 bars). Mais c'est très bien fait, et en fait, très simple (une membrane, un levier et une vanne actionnée par le levier sur lequel pousse la membrane)...*

*Vous n'êtes ni physicien, ni mécanicien, donc ça doit suffire !*

Donc (re,re) on résume : un bloc en acier (très souvent, mais aussi en aluminium (Egypte) ou en tissu de fibre de carbone (très rare, très cher)).

Un **détendeur**, premier étage, puis au bout du flexible, un autre détendeur, deuxième étage avec l'embout à se mettre entre les dents (comme un biberon ou une totoche...)

Ça fonctionne tellement bien qu'on oublierait que ça peut tomber (sur le pont du bateau ?) en panne !

Parce que, si ça traîne par terre, dans le sable, au fond du sac, etc... , ça se remplit de sable et ça ne fonctionne plus.

A la surface, pas de problème, mais à 30m !

La aussi, l'entretien et le respect du matériel sont essentiels. Même s'il s'agit du matériel du club ! (d'autant plus, d'ailleurs)

Les ennuis sont nombreux avec des conséquences diverses. Dans l'ordre :

- le joint de liaison entre la robinetterie et le 1er étage du détendeur est absent ou en mauvais état : la sanction est immédiate, surtout pour vos oreilles (et celles des autres), à la surface, puis en profondeur, car la fuite a vite des conséquences sur votre autonomie sous l'eau.
- Le premier étage ne fonctionne pas : très rare, car c'est très costaud. mais il peut exceptionnellement **givrer**, si l'eau est très froide et le débit d'air trop important (2 détendeurs sur le même premier étage) en cas d'assistance à un autre plongeur. (et si il fait froid, on respire plus vite, etc...)
- Le flexible entre le premier et le deuxième étage est abîmé : c'est plus courant comme incident ! Sur le bateau, merci les oreilles (bis), sous



l'eau, magnifique panache de bulles, intervention rapide de la palanquée pour fermer le bloc et passage sur le deuxième détendeur (le "jaune"). C'est (ou ça peut devenir) un incident sérieux, donc fin de la plongée. Si la réaction est trop lente, ça peut aussi se transformer en "panne d'air"...

- le deuxième étage ne donne plus d'air : **pourquoi** ? bloc vide, robinet fermé, blague idiote, clapet bloqué... Les 3 premiers cas peuvent se contrôler avec le manomètre (voir plus loin) et la blague est vraiment idiote ! (attendez vous à des sanctions en surface). Le clapet bloqué est très rare. On contrôle rapidement le détendeur de secours (le "jaune") puis on attrape le secours du voisin avant de mourir ! (ou de remonter en surface, en expiration contrôlée)
- le deuxième étage donne trop d'air, il fuse... Vite, on met l' embout vers le bas, et on entre un doigt dans l'embout, et tout rentre dans l'ordre. Si le principe du 2eme étage est une merveille de simplicité, c'est aussi un mécanisme très sensible aux variations de pression entre l'extérieur de la membrane et l'embout.

Tout ça en double, pour avoir la possibilité de ravitailler en air un « équipier sans partage d'embout » (le fameux détendeur « jaune »)

## boussole - ordinateur - observation

dernier effort, et on saute à l'eau...

regardez ce spécimen d'homo-palmus à droite, totalement équipé, avec :

- boussole (modèle sous marin)
- ordinateur
- phare
- plaquette et crayon
- couteau
- tables de décompression
- manomètre de pression d'air
- parachute
- caméra

on est très loin du plongeur de départ

alors, dans l'ordre :

### **boussole**

**indispensable** pour savoir « ou » on va, sans suivre bêtement les autres, ou pour respecter les consignes de votre responsable de palanquée, ou directeur de plongée. Encore faut il savoir s'en servir !



### **ordinateur**

**indispensable**, ou comme dit la réglementation : « *un équipements permettant de contrôler les caractéristiques personnelles de sa plongée et de sa remontée* » ordinateur étanche, solide et lisible, qui **remplace** le profondimètre, la montre et les tables de décompression... c'est un matériel (très) coûteux, finalement assez fragile, quelquefois complexe à utiliser (et donc nécessitant un apprentissage avant de plonger avec) et qu'il faut soigner.

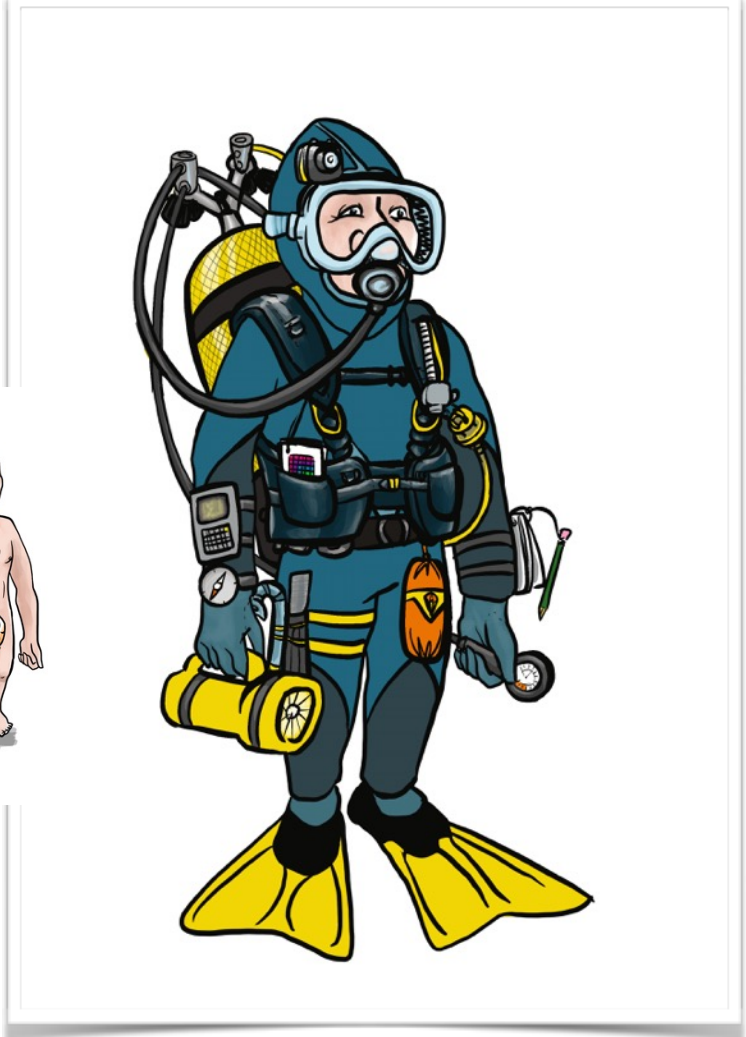
Vous n'emenez pas un iPhone sous l'eau, mais un équipement qui va vous permettre de rester en bon état malgré des descentes en profondeur et des remontées pas trop rapides. (à noter que « solide » n'est pas contradictoire avec « fragile », un vitrage est solide (pour un crâne), mais fragile à un choc avec un marteau...)

### **phare**

accessoire, mais bien pratique pour allumer les couleurs sous l'eau, explorer, se signaler ou avertir les autres (avec modération)

### **plaquette et crayon**

accessoire, permettant de communiquer avec les autres plongeurs. Mais ne pas en abuser !



### **couteau**

**indispensable**, mais ne sert à rien 99,9% du temps. Seulement, le jour où vous devez couper un cordage ou un filet pour vous dégager, ou dégager un autre plongeur, le 0,01% se révèle évident...

### **tables de décompression**

**indispensables**, au fond de la poche de stab, à condition de savoir (encore) s'en servir, car elles vous donnent assez facilement les profondeurs et durées de palier, suivant la profondeur maximale, et le temps passé sous l'eau.

### **manomètre de pression d'air**

**indispensable**, sauf si vous avez l'Ordinateur avec Gestion d'Air, l'arme fatale de la plongée. Ce manomètre gradué en « bar » ou « atmosphère » (unités exotiques de pression, en dehors du Système International, 1bar = 100 000 pascals) vous permet de connaître la pression de l'air dans votre bloc, mais pas le nombre de litres d'air restant... à surveiller de près, et à échanger à la demande avec le responsable de la palanquée, ou spontanément à 100b, puis à 50b (gestes normalisés). Cette pression vous permet de vérifier, avec la montre (chrono) et les tables, votre remontée, et les paliers à faire. Si vous avez un ordinateur, vous suivez d'un oeil la chute de pression, et vous demandez éventuellement un peu d'air aux autres plongeurs moins assoiffés. Si vous avez l'Ordinateur, vous êtes moins angoissés, et vous regardez les poissons...

### **parachute (de plongée, évidemment)**

**indispensable**, même si la législation n'en impose qu'un par palanquée... (par binôme). Le nombre de parachute qui ont explosé, se sont séparés de leur fil, etc... D'autant plus que le signal de détresse pour prévenir d'un incident au palier est justement de faire remonter DEUX parachutes l'un à côté de l'autre... c'est une simple chaussette de tissu synthétique orange, au bout d'un fil (solide) de 10m, se terminant par un plomb de 100g ou plus que l'on gonfle vers 8m avec son détendeur. Là aussi, ça s'apprend !

### **caméra, ou appareil photo**

accessoire, et à éviter si on n'est pas parfaitement à l'aise avec sa stabilisation, et tout le reste.

## **gestion de l'effort, hygiène de vie**

on s'éloigne du matériel, et je ne fais pas un cours de yoga, ou de maîtrise des habitudes alimentaires. Sous l'eau, le respect des quelques prescriptions ci-dessus, et la compréhension des phénomènes physiques qui régissent notre matériel vis à vis du milieu aquatique suffisent à profiter en sécurité de notre visite. Cet espace est aussi le notre, avec l'aide de quelques morceaux d'acier, de polymère, et de tissu. Mais aussi avec une pratique responsable, et l'apprentissage des automatismes...

## **fin de l'exposé !**

## **et merci pour votre attention...**



## annexes :

sans chercher à être exhaustif, il vous faut peut être des informations supplémentaires sur cette longue liste de matériels utiles, ou indispensables

vous n'avez pas à bricoler, surtout si vous ne savez pas ce que vous faite... l'air à 200b est **dangereux**.

mais vous devez savoir contrôler, et « réparer » les pannes simples.

cette partie de l'exposé utilise (avec abondance) le très bon cours de Patrick Simandirakis (MF1 du CST)

### le bloc

en acier, chez nous, en aluminium, ailleurs, existe également plusieurs tailles de blocs, de 2 à 18 litres. Il est également possible de coupler deux blocs ensemble pour constituer un bi-bouteille.

Cette grande variété a une incidence directe sur la contenance du bloc, c'est-à-dire sur la quantité d'air que le plongeur pourra emporter avec lui. A titre d'exemple : une bouteille de 4 litres gonflée à 200 bars permettra d'emporter 800 litres d'air. Un 18 litres gonflé cette fois à 232 bars passera à 4176 litres, soit plus de 5 fois plus. Malheureusement il y a un inconvénient directement lié à la taille du bloc : c'est son poids. Plus il sera volumineux, plus il sera lourd et encombrant. Il faut noter que la robinetterie de la bouteille est équipée d'un opercule démontable qui permet l'utilisation des deux types de fixation de premier étage de détendeurs actuellement sur le marché : l'étrier et le DIN. Les opercules sont équipés de deux joints toriques, fragiles et qui peuvent s'user (cf ci-dessus)

les blocs sont soumis à une réglementation stricte. Un bloc de plongée doit être soumis à une opération, obligatoire, que l'on appelle la ré-épreuve ou requalification effectuée par un organisme agréé. Le ministère du travail a mis en place en partenariat avec la fédération française d'études et de sport sous-marins une procédure allégée destinée aux seuls clubs de plongée.

Cette procédure permet d'effectuer les opérations de ré-épreuves seulement tous les 5 ans (comme auparavant), sous réserve d'une visite périodique annuelle réalisée par des techniciens appelés T.I.V. (technicien en inspection visuelle) titulaires d'une formation sanctionnée par un diplôme, mise en place en partenariat entre la fédération et le ministère du travail. Cette formation n'est accessible qu'aux seuls adhérents de la FFESSM licenciés, qui ne peuvent intervenir que sur les blocs appartenant aux clubs de plongée ou sur les blocs personnels des adhérents licenciés au club et sur autorisation du président.

Il faut cependant savoir que la qualification de TIV est exclusivement française. Dans les autres pays, il n'existe que la ré-épreuve dont la périodicité est variable et différente de la nôtre (exemple : 3 ans en Espagne).

Jusqu'à l'en dernier le TIV, à l'issue de la visite remplissait un procès verbal de visite, inscrivait la visite et le résultat sur le registre du club et renseignait la carte d'identité du bloc et enfin apposait sur le bloc un macaron du même type que les visites techniques automobiles. Désormais tout est transmis directement sur le site de la FFESSM et consultable en temps réels par les acteurs impliqués dans ces opérations.

Enfin, il faut savoir que chaque bloc de plongée comporte un certain nombre d'indications obligatoires qui sont gravées dans l'acier au niveau de l'ogive. Elles sont identiques pour tous les blocs.

Il s'agit :

Du nom du fabricant (souvent différent de celui qui le commercialise)

De la marque (c'est celui qui le commercialise)

Du numéro de série qui comporte l'année de fabrication

Du volume (il s'agit du volume interne dit « en eau » celui du conteneur)

De la nature du gaz qu'il doit contenir

Du poids

De la pression de service (c'est celle à laquelle on le gonflera pour l'utiliser)

De la pression d'épreuve (c'est celle qui sera utilisée pour le contrôler lors de la ré-épreuve) elle est de 1,5 fois celle de service.

De la date de la dernière ré-épreuve (s'il en a déjà subi) et la marque du service qui l'a effectuée.

Pour les mêmes raisons que celles évoquées ci-dessus, **il est important de savoir lire ces indications** afin d'évaluer les conditions de légalité et de sécurité du matériel qui vous est confié, et ainsi ne pas accepter n'importe quoi.

### le(s) détendeur(s)

il assume la détente de l'air contenu dans le bloc (HP, pour haute pression) vers la Moyenne Pression (entre le premier et le deuxième étage), puis dans ce deuxième étage, de la Moyenne Pression à la Basse Pression, égale à la pression du milieu aquatique. Nous avons donc DEUX étages, à des endroits et avec des fonctions différentes.

l'un est fixé à la robinetterie, soit par un étrier, soit par un raccord rotatif, à visser, dénommé DIN (norme allemande), et l'autre à un flexible, en amont, puis avec l'embout, à vos poumons, en aval.

donc on résume : (BLOC à 200b)-(robinetterie)-(détendeur 1er étage)-(200b->9b)-(flexible 9b)-(détendeur 2eme étage)-(9b->xbar, suivant la profondeur)-VOUS

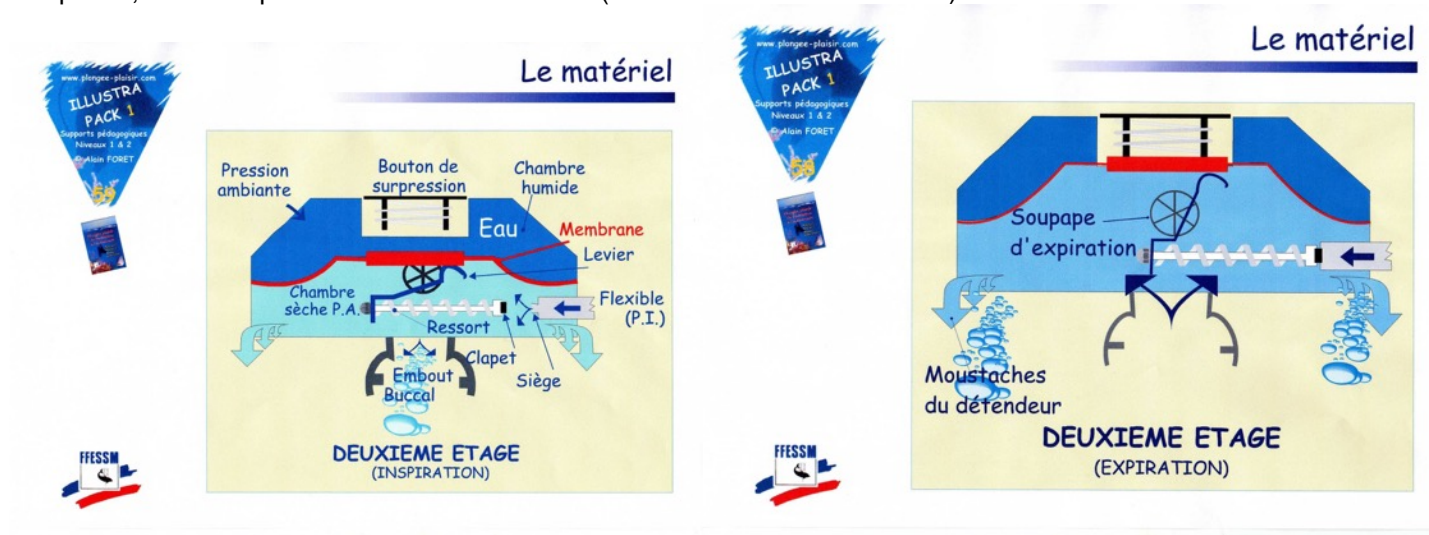
principe de fonctionnement (simplifié) :

L'air sous haute pression qui arrive du bloc, entre 200 et 230 bars, pénètre dans une chambre du premier étage qui est fixé au bloc par un raccord étrier ou DIN. C'est à ce niveau que vient se fixer le manomètre. Ensuite l'air est détendu dans un premier temps pour descendre à une pression avoisinant les 9 à 10 bars (9,5 le plus souvent) appelée moyenne pression ou pression intermédiaire. C'est au niveau de cette chambre que viennent se raccorder le détendeur principal, le détendeur de secours ou OCTOPUS, mais également le direct-système qui sert à gonfler le gilet, et parfois un second direct-système en cas d'utilisation d'une combinaison étanche. L'air est ensuite transporté toujours à la pression de 9 à 10 bars par le flexible jusqu'au deuxième étage et il est alors détendu à la pression ambiante respirable par le plongeur au niveau de l'embout buccal.

Il existe deux sortes de principes de fonctionnement d'un premier étage : à piston ou à membrane. Et il existe aussi deux sortes de principes de fonctionnement du deuxième étage : à clapet aval ou à clapet amont, (le clapet aval est le seul utilisé aujourd'hui).



Ces deux schémas (reproduction interdite...) expliquent le fonctionnement d'un premier étage à piston compensé, un classique très confortable à utiliser (et donc à éviter de démonter)



Et ces deux autres un deuxième étage standard !

On va détailler en cours rapidement le fonctionnement de ces indispensables accessoires de la plongée sous marine moderne.

Du cours de Patrick, je retiendrai cette conclusion et cette synthèse:

Nous terminerons ce cours par un descriptif du matériel que vous devrez **OBLIGATOIREMENT** posséder à titre **individuel** lors de votre arrivée le premier jour du stage :

Tout d'abord un **vêtement isothermique** de qualité et parfaitement adapté à votre taille avec bottillons ou chaussons et gants. Lors des stages en mai, l'eau avoisine en général les 13°, ce qui exclut toute approximation dans ce domaine (vêtement de location par exemple). Il n'existe plus d'ailleurs de structure de location sur HENDAYE, la plus près étant à BIARRITZ.

**Un ordinateur** (ou autre dispositif cité ci-dessus associé à un jeu de tables).

**Une boussole**, car vous avez une épreuve d'orientation à effectuer au cours du stage.

**Un parachute de palier.** Il n'est pas obligatoire a titre individuel en autonomie, mais seulement à raison d'un par palanquée. Cependant en formation vous devrez apprendre à le manipuler et à le déployer au cours des épreuves et principalement sur celle de conduite de palanquée. Il est donc indispensable d'en posséder chacun un.

**Une ceinture de lest** avec le lest approprié à l'épaisseur de votre combinaison. Ceci est indispensable pour l'épreuve de PMT, car ne disposant pas de gilet sur cette épreuve, vous ne pourrez pas placer le lest dans les poches.

Le gilet, le détendeur et la bouteille sont fournis par le club. S'agissant du détendeur et du gilet, le club a acquis très récemment du matériel neuf et complet que vous avez pu apprécier lors de votre stage de niveau 1. Les détendeurs sont tous équipés de manomètre et d'octopus. Ils seront mis à votre disposition lors du stage comme ils le seront pour toutes les sorties en mer jusqu'à l'obtention de votre N2. Voici donc terminée cette étude du matériel au niveau 2.

Elle fera l'objet comme je l'ai indiqué plus haut d'un cours spécifique en salle pendant lequel vous seront présentés l'ensemble des équipements que nous venons de voir, et vous pourrez aussi effectuer toutes les manipulations nécessaires à votre formation.

En conclusion de l'annexe, votre équipement de réparation comportera :

*pratique, mais non indispensable :*

- une ou plusieurs clé ALEN pour dévisser un opercule, un bouchon sur le premier étage
- une clé ultra plate de 14 pour revisser le flexible sur le dit premier étage
- 

*quasiment indispensable, surtout si vous voyagez :*

- des joints de raccordement entre flexibles et premier étage
- un ou plusieurs joint d'étanchéité adapté à votre stab (ils sont souvent spécifiques)