

# RSSM - Section PLONGÉE SOUS-MARINE

## Résumé des cours Niveau 1 (Brevet Élémentaire) - version 1996

Cours 1 : Physique ; Barotraumatismes    Cours 2 : Archimède ; flottabilité ; Adaptation    Cours 3 : Compléments ; Sécurité ; Généralités

### FORCE

C'est (de manière simple) une poussée. L'unité légale est le NEWTON (noté N), cependant, en plongée on utilisera le Kilogramme-force (Kgf). Un objet d'une masse de 1 Kg, posé sur une table, exerce une force de 1 Kgf (vers le bas) sur cette table. (correspondance : 1 Kgf  $\approx$  10 N) (une masse de x Kg donne un poids de x Kgf)

### PRESSION

Pour une force s'exerçant de manière uniforme et perpendiculairement à une surface, la pression est la force par unité de surface, soit :

$$P = F / S$$

(pour les réfractaires à la physique, le rapport entre la Force et la Pression est le même qu'entre par exemple le prix d'une moquette et son prix au mètre-carré). L'unité utilisée en plongée est le bar ( $\approx$  1 Kgf/cm<sup>2</sup>).

Cette unité est beaucoup utilisée : pneu  $\approx$  10 bars, météo. en millibars (*l'appellation millibar a été remplacée par celle d'hecto-Pascal, car le Pascal, soit 1 N/m<sup>2</sup> est l'unité légale*) (1 bar = 100 000 Pascals)

### VARIATION DE LA PRESSION EN FONCTION DE LA PROFONDEUR

Au niveau de la mer, la pression atmosphérique est de 1 bar (: vient du poids des Km d'air au-dessus de nous).

Lorsque l'on descend sous la surface de l'eau, la pression va augmenter (beaucoup plus vite que lorsqu'on change d'altitude dans l'air, car l'eau est 800 fois plus dense que l'air). En effet, à la pression due à l'air, va s'ajouter la pression due à l'eau, à raison de 1 bar par 10 mètres. La pression réelle en un point (pression absolue) est donc la pression atmosphérique, plus la pression hydrostatique (celle due à l'eau)

$$\Rightarrow \quad P_{\text{abs.}} = P_{\text{atm.}} + P_{\text{hydr.}} \quad \text{et} \quad P_{\text{hydr.}}(\text{en bar}) = \text{Profondeur}(\text{en m}) / 10 \text{ (m/bar)}$$

exemple : profondeur :	0 mètres	5 m	10 m	20 m	30 m	40 m	100 m
pression (environ):	1 bars	1,5 bars	2 bars	3 bars	4 bars	5 bars	11 bars

### ACTION DE LA PRESSION SUR LES GAZ (LOI DE BOYLE-MARIOTTE)

1 Kgf par cm<sup>2</sup>, c'est énorme ! Et pourtant nous ne sommes pas écrasés. C'est grâce au fait que notre corps, constitué de solide et de liquide est incompressible ; pour les endroits où l'on trouve de l'air, ce dernier est à la même pression que l'air extérieur et compense ainsi la pression extérieure.

Cependant un volume clos de gaz va varier si on le soumet à une pression différente :

- quand on augmente la pression, le gaz est comprimé et le volume diminue.  $\Rightarrow P \uparrow$  et  $V \downarrow$

- quand on diminue la pression, le gaz est détendu et le volume augmente.  $\Rightarrow P \downarrow$  et  $V \uparrow$

On peut utiliser la relation  $P * V = \text{Constante}$  ou  $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$  mais seulement à température constante

### APPLICATION A LA PLONGÉE

★ Une bouteille de plongée, d'un volume courant de 12 litres internes, est remplie d'air asséché à une pression de 200 bars. Quel volume occuperait cet air, détendu dans un ballon à l'air libre ?

Réponse :  $P_1 = 200$  bars;  $V_1 = 12$   $\ell$  et  $P_2 = 1$  bar. En appliquant  $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$  on trouve  $V_2 = 12 * 200 / 1 = 2,4$  m<sup>3</sup> !

★ Un plongeur bloque sa respiration par 5 mètres de fond (pour cause de panique par exemple) avec 5 litres dans les poumons. Il remonte rapidement à la surface sans laisser partir d'air. Que lui arrive-t-il ?

Réponse : entre 5 et 0 m, la P est \* par 1,5; on multiplie donc le V de l'air des poumons par 1,5 (car  $PV = \text{Cste}$ ) d'où lésions ( $\approx 7,5$   $\ell$  hors capacité max.  $\approx 6$   $\ell$ ). Il est alors victime d'un accident grave : la surpression pulmonaire.

$\Rightarrow$  En fonction de la profondeur, la pression varie beaucoup, mais surtout près de la surface. En effet on remarque qu'entre 0 et 10 mètres, la pression est augmentée de 100% (\* 2) ; par contre entre 40 et 50 mètres, elle n'est augmentée que de 20% (\* 1,2).

Les plongeurs débutants, évoluant surtout dans la zone proche de la surface, doivent donc connaître les barotraumatismes (lésions survenant lors de variations de pression) et surtout leurs préventions, puisqu'ils évoluent constamment dans une zone à risque pour ce type d'accident. (rassurez-vous, des risques différents mais tout aussi croustillants surviennent plus bas !). Cela dit, ces troubles barotraumatiques sont faciles à éviter.

Lorsque l'on a mal à l'oreille, au sinus, à la dent, il ne faut jamais forcer ! Si c'est à la  $\downarrow$ , il faut  $\uparrow$  de qqm mètres, réessayer d'équilibrer (grâce par ex. à un vidage de masque) puis redescendre doucement. (sinon tout arrêter)

<i>barotraumatisme</i>	<i>mécanisme</i>	<i>symptômes</i>	<i>prévention</i>	<i>conduite à tenir</i>
oreille (tympan) à la ↑ et à la ↓	ces incidents ont un mécanisme commun: une cavité du corps ne communique pas avec l'extérieur et la différence de pression qui en résulte, comprime les tissus à la descente ou met en dépression la cavité lors de la remontée. ☠	gêne, douleur puis quelquefois, syncope	"passer ses oreilles", <u>ne pas forcer</u> , attention rhume	Pour un mal persistant, consulter un médecin (O.R.L. ou dentiste). Pour soulager la douleur prendre une aspirine. O <sub>2</sub> pur, hôpital
sinus à la ↑ et à la ↓		gêne, forte douleur au front, maxillaire	<u>ne pas forcer</u> , attention sinusite	
dent à la ↑ et à la ↓		gêne, forte douleur à la dent (nerf) (rare)	hygiène dentaire, attention aux mauvais plombages	
placage de masque (capillaires, yeux) ↓		sensation d'aspiration yeux rouges, hématome	souffler dans son masque (c'est tout !)	
estomac, intestins à la ↑ et à la ↓		mal au ventre pendant la remontée	éviter aliments fermentescibles & boissons gazeuses	
poumons, à la ↑ (surpression pulmon.)		douleur à l'inspiration, saignement, ☠ ...	<u>souffler à la ↑</u> contrôle de soi	

## ARCHIMÈDE

Sur un cube immergé (par ex.), la pression s'exerçant sur la face supérieure du cube est < à celle s'exerçant sur sa face inférieure (Prof ↑ donc P ↑). Cela crée une force "poussant" vers le haut : c'est la poussée d' Archimède.

Pour l'eau, au repos, cette force est égale au poids du volume d'eau déplacé. (soit ≈ 1 Kgf par litre qu'occupe l'objet. Mais en mer, la force d'Archimède est + importante qu'en lac : la densité de l'eau salée est supérieure)

☛ Entre le poids et la F. d'Archimède, tout est histoire de compétition. Si le poids l'emporte (Poids > Archimède) alors l'objet aura tendance à ↓, dans le cas contraire il ↑ puis flottera. Si, par contre le poids compense exactement la force d'Archimède, l'objet ne va ni couler ni remonter : c'est l'état que recherche souvent le plongeur.

On définit le Poids apparent par : Poids<sub>app</sub> = Poids réel - Poussée d'Archimède.

Un autre terme souvent employé, est la flottabilité = - Poids<sub>app</sub>. (Un objet de flottabilité positive va flotter)

## APPLICATION A LA PLONGÉE

Prenons une bouteille de plongée : volume ≈ 13 l ; poids ≈ 18 Kgf ⇒ F. Archimède ≈ 13 Kgf, sa flottabilité est donc négative (elle coule) mais paraît moins lourde dans l'eau puisque son poids apparent n'est plus que 5 Kgf.

## ADAPTATION AU MILIEU

<i>différent sous l'eau:</i>	<i>isothermie</i>	<i>vision</i>	<i>audition</i>	<i>déplacement</i>	<i>respiration</i>
<i>pourquoi ?</i>	l'eau se chauffe à nos dépens	effet optique au niveau du masque	le son se déplace 5 4 plus vite que dans l'air	viscosité supérieure	stress, résistance à la ventilation
<i>conséquence :</i>	port d'une combinaison néoprène	en fait, objet réel + lointain de 33%	impossible de localiser la source du bruit	mouvements lents & utiles	lente & profonde bien expirer

## FACTEURS INFLUENCANT LA FLOTTABILITÉ DU PLONGEUR

<i>Facteur</i>	<i>en quoi ?</i>	<i>dans quel sens ?</i>	<i>en quelle mesure ?</i>	<i>varie au cours de la plongée ?</i>
la personne équipée	personne + ou - dense (graisse) & équipement	variable	qqg Kgf	<u>non</u> , (à moins de perdre de l'équipement ;-)
la combinaison néoprène	le néoprène a une densité inférieure à l'eau : il flotte	↑	surface ≈ 6 Kgf au fond ≈ 2 Kgf	<u>oui</u> : les bulles d'air dans le néoprène s'écrasent vite.
la ceinture de plombs	les plombs compensent la flottabilité du néoprène	↓	suivant le plongeur : 0 à 8	<u>non</u> . mais moins on peut en mettre, plus c'est agréable.
l'air dans la bouteille	l'air pèse ≈ 1,3 gf/litre 12 l à 200 bar ⇒ 3 Kgf	↓	début 1 3 Kgf fin ≈ 0,5 Kgf	<u>oui</u> : hélas, il faut respirer et donc consommer cet air.
l'air dans les poumons	on peut mettre de 0,5 à 6l d'air dans les poumons	<u>variable</u>	dans un écart de ≈ 5 Kgf !!!	<u>oui</u> , et c'est le réglage de la flottabilité le plus important ! (+ fin)
gilet stabilisateur	on peut mettre de 0 à 15 l d'air dans un gilet stab.	↑	énorme/au reste: jusqu'à 15 Kgf	<u>oui</u> , le plongeur gonfle le gilet pour se stabiliser (réglage + grossier)

Un bon lestage permet d'être en flottabilité nulle en fin de plongée, à - 3 mètres. On ne peut donc être équilibré durant sa plongée que grâce à l'action du poumon-balast et du gilet stab (si la formation en permet l'utilisation).

## APPROCHE DE LA NARCOSE A L'AZOTE ("IVRESSE DES PROFONDEURS")

Lorsque le plongeur atteint une certaine profondeur, (variant de 30 à 60 mètres suivant sa résistance personnelle, sa fatigue du moment, son accoutumance ...) l'azote ( $\approx 78\%$  de l'air) agit sur son système nerveux et modifie sa perception et son comportement. L' "ivresse des profondeurs" est cependant très rare et les plongeurs sont, la plupart du temps, stressés au point de remonter, et/ou, victimes d'une "viscosité" mentale (ralentissement)...

Ces symptômes disparaissent sans séquelle, dès que le plongeur remonte au-dessus de la profondeur seuil.

## APPROCHE DE LA MALADIE DE DÉCOMPRESSION

Tout gaz en contact avec un liquide s'y dissout, et ce, d'autant + que la pression du gaz est élevée (ex CO<sub>2</sub> dans Coca).

Durant la plongée, quelques grammes d'air se dissolvent dans l'organisme du plongeur. Pour des plongées courtes et/ou peu profondes, cette quantité n'est pas gênante. Mais au-delà d'un certain seuil, le plongeur doit s'obliger à remonter doucement ( $\approx 12$  à  $17$  mètres de remontée verticale par minute) et faire un stop près de la surface (attendant que l'air dissous ressorte de son corps) ; sinon il y a un risque d'apparition de micro-bulles dans son organisme. (tout à fait comme si l'on débouchait brutalement une bouteille de Coca ou de champagne ... !) Ce phénomène est à l'origine de divers troubles (on s'en doute) comme rougeurs, fatigue, paralysie, douleurs, infarctus, etc.

## COURBE DE SÉCURITÉ

A l'usage de tout plongeur, la courbe de sécurité lui permet de savoir combien de temps il peut rester à une certaine profondeur sans avoir besoin de faire de palier à la remontée. C'est (par sécurité) à connaître par coeur

Profondeur maximale atteinte :	12 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	+ de 40
Durée Maximale sans palier :	2h 15'	1h 15'	40 mn	20 mn	10 mn	5 mn	5 mn	<b>0 mn</b>

✎ Cependant, par sécurité, on effectuera **toujours**, un palier minimum de **3 mn** à la profondeur de **3 mètres**.

## APPROCHE DES TABLES DE PLONGÉE

Il arrive qu'après le niveau 1, les paramètres de la plongée sortent de la courbe de sécurité. Les plongeurs doivent alors consulter des tables de plongée pour connaître leurs paliers. (modèles plastifiés immergeables)

Différentes tables existent (Marine Nationale 1990, Ministère du Travail, COMEX ...) Nous utilisons la MN90.

L'utilisation est relativement simple : on regarde, pour sa profondeur maximale atteinte et sa durée totale de plongée, les paliers que l'on doit effectuer. (exemple : pour 51' à 26 m, on attendra 2' à -6m, puis 36' à -3m)

## QUELQUES CONSIGNES DE SÉCURITÉ

☠ ne jamais :	plonger seul	forcer sur ses oreilles	à la descente, être sous le moniteur	à la remontée, être au-dessus du moniteur	remonter préci- pitalement ou sans souffler	retourner les rochers et en tuer la faune	ignorer ou utili- ser pour rire un signe d'urgence

Si, au fond on perd sa palanquée, on doit la rechercher sur place 1' (regarder toutes les directions et notamment vers le haut) ↑ un peu (3 m.), rechercher les bulles, puis ↑ doucement jusqu'à la surface puis vers le bateau.

## LES ORGANISMES DE LA PLONGÉE

En France, quelques organismes s'occupant de la plongée sub-aquatique : (monde : CMAS, NAUI, PADI)

- FFESSM (Fédération Française Etude et de Sport Sous-Marins)
- SNMP (Syndicat National des Moniteurs de Plongée) regroupement de professionnels de la plongée
- ANMP (Association Nationale des Moniteurs de Plongée) autre nom : les guides de la mer
- ARPE (Association de Réflexion pour la Plongée Enfant) spécialisée plongée enfant

## LES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE PLONGEUR

Pour leur sécurité, les plongeurs sont limités à une zone maximale de profondeur en fonction de leur niveau :

niveau, limite :	① : zone des 20m avec moniteur	② : 40 m avec m. 20 sans moniteur	③ : Au-delà des 40 m en autonomes	④ : idem N3, prend en explo. les N1,2,3	⑤ : directeur de plongée:responsable
---------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--	---

## QUELQUES OUVRAGES

PÉDAGOGIQUES niveau, prix ≈ : édition, auteur :	code Vagnon N2	Plongée Passion	Découvrir la Méditerranée.	Guide de Prépa. N4
	≈ 2 ; 20 €	≈ 1, 2 ; 35 €	Biologie, 30 €	bon pour N4, 30 €
	plaisancier	Hachette, P. Mioudane	Nathan, de S. Weinberg	de Paul Villevieille
PÉRIODIQUES :	Subaqua ; (revue de la FFESSM)	Le Monde de la Mer (de magnifiques clichés)	Océan	Plongée Magazine (sorte d'info-matin plongée)