

FEDERATION FRANCAISE D'ETUDES ET DE SPORTS SOUS MARINS

**COMITE INTERREGIONAL AQUITAINE  
LIMOUSIN POITOU CHARENTES**

**COMMISSION TECHNIQUE INTERREGIONALE**

**COLLOQUE DES MONITEURS DE PLONGEE**

18 et 19 NOV 2000 à POITIERS

**PEDAGOGIE**

**DU BON USAGE DE LA PHYSIQUE**

Sur le Web : <http://pagesperso-orange.fr/joel.talon/>

Joël TALON  
IR 28  
106 rue du baril  
79270 SAINT SYMPHORIEN  
☎ : 05 49 09 53 71  
Port : 06 84 82 38 35  
e mail : [Joel.TALON@wanadoo.fr](mailto:Joel.TALON@wanadoo.fr)

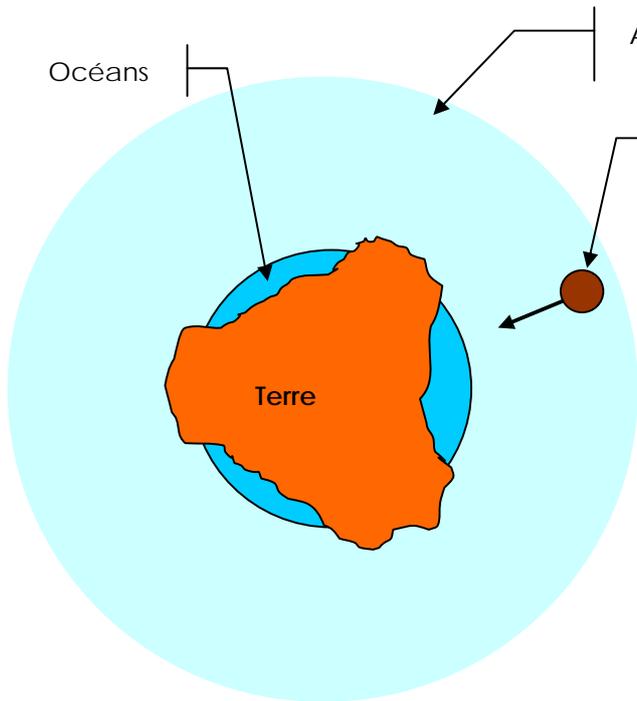
## INTRODUCTION

Dans la formation moniteur, on constate que bien trop souvent la physique est totalement déconnectée de la pratique du plongeur et utilisée de manière trop théorique sans voir ses multiples implications dans tous les domaines de la plongée.

Pour réhabiliter cette matière et lui redonner la place qu'elle n'a peut être jamais eu pour certains, voici donc un petit exposé qui va bien, pour vous démontrer tout le parti que l'on peut tirer du bon usage de la physique.

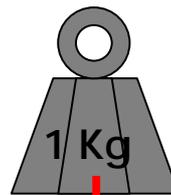
Bien sur, il n'est pas question de faire un inventaire exhaustif de toutes les implications de la physique dans les domaines de la plongée, mais de trouver des pistes qui vous donneront envie d'aller voir plus loin.

## QUE SE PASSE-T-IL AUTOUR DE NOTRE BONNE VIEILLE TERRE ?



Tout corps livré à lui-même tombe dans l'air ou dans l'eau et est attiré par le centre de la terre.

Exemple :  
Un corps de masse 1 Kg tombe.  
Une **masse de 1 Kg**, c'est la **quantité de matière** contenue dans le corps



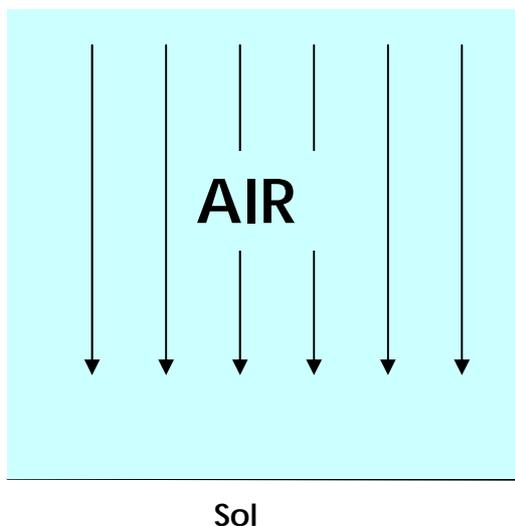
Le corps en tombant prend de plus en plus de vitesse.  
C'est l'**accélération**  
**9,81 m/s/s**

Il en résulte un **poide**, c'est une **FORCE**  
**FORCE = MASSE x ACCELERATION**  
**FORCE = 1 Kg x 9,81 m/s/s**  
**FORCE = 9,81 Newtons**  
Soit environ 10 N ou 1 daN

Tout ce qui est autour de la terre pèse sur elle : les océans, l'atmosphère, le plongeur, les objets, etc.....

C'est le principe fondamental de la dynamique

## ET L'ATMOSPHERE ! ?



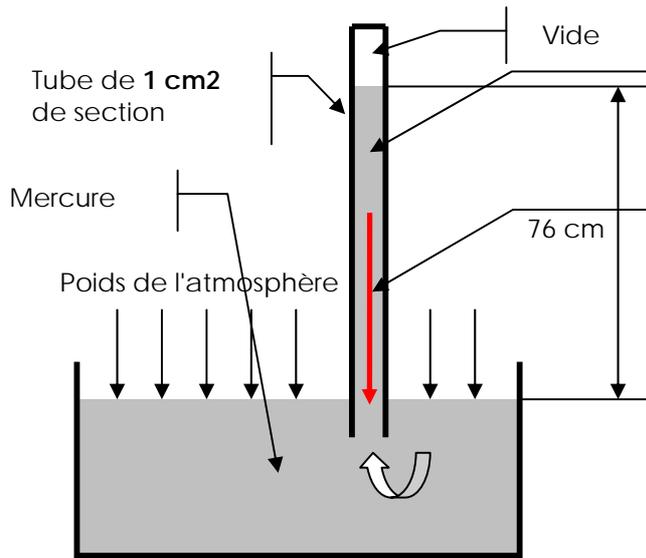
Plus on monte en altitude, **moins ça pèse.**

1,3 Kg par m<sup>3</sup>, c'est la masse volumique de l'air

Plus on se rapproche du sol, **plus ça pèse.**

Même chose dans l'eau.

## Quantifions la valeur de la pression atmosphérique à la surface de la terre



Volume 76 cm<sup>3</sup> ou 0,076 dm<sup>3</sup>  
 Masse = 0,076 x 13,6 densité du mercure  
**Masse = 1,0336 Kg**

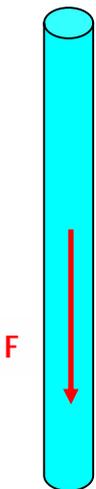
Le poids c'est une **FORCE**  
**FORCE** = masse x accélération  
**FORCE** = 1,0336 Kg x 9,81 m/s/s  
**FORCE** = 10,13 Newtons soit **1,013 daN** qui s'applique sur 1cm<sup>2</sup>  
 Donc la pression est de :

**Pression = F / S = 1,013 daN / 1 cm<sup>2</sup> = 1,013 bar**  
**Soit 1013 mbar qui est la pression normale.**

Et si, au lieu de mercure, nous avons eu de l'eau douce ?

1,0336 Kg d'eau douce, ça fait une hauteur de **10,336 m** pour une section de 1cm<sup>2</sup>. C'est la hauteur limite d'aspiration pour une pompe aspirante car c'est la pression atmosphérique qui fait monter l'eau dans le tuyau d'aspiration.

## ET LA PRESSION SOUS L'EAU ! ?

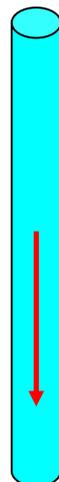


**10 m D'EAU DOUCE** sur 1cm<sup>2</sup> ça fait quelle pression ?

Masse = volume x densité  
 Masse = 1 L x 1  
 Masse = 1 Kg

Le poids c'est une **Force**  
**Force** = masse x accélération  
**Force** = 1 Kg x 9,81 m/s/s  
**Force** = 9,81 Newtons ou 0,981 daN

**Pression = 0,981daN/1 cm<sup>2</sup> = 0,981 bar**  
**Par rapport à 1 bar**  
**Différence 0,019 en moins**



**10 m D'EAU DE MER** sur 1cm<sup>2</sup> ça fait quelle pression ?

Masse = volume x densité  
 Masse = 1 L x 1,03  
 Masse = 1,03 Kg

Le poids c'est une **Force**  
**Force** = masse x accélération  
**Force** = 1,03 Kg x 9,81 m/s/s  
**Force** = 10,10 Newtons ou 1,010 daN

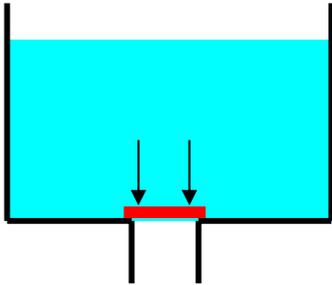
**Pression = 1,010daN/1 cm<sup>2</sup> = 1,010 bar**  
**Par rapport à 1 bar**  
**Différence 0,010 en plus**

**Et oui, contrairement à ce que l'on entend habituellement, c'est donc dans L'EAU DE MER que l'on est le plus près du bar tous les 10 m**

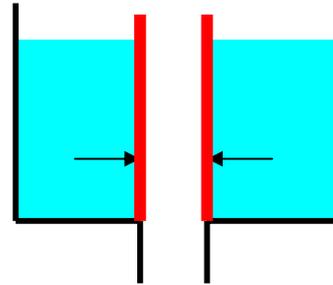
## ET LES PRESSIONS SUR LES SURFACES ! ?

On explique trop souvent la compensation des détendeurs par la différence entre les bondes des éviers de cuisine. Ce n'est hélas qu'un cas particulier.

DIFFICULTE A SOULEVER  
LA BONDE



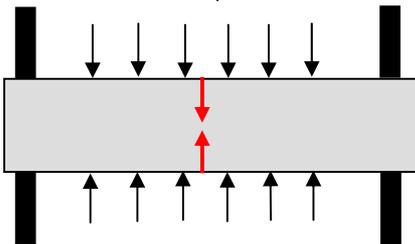
AUCUNE DIFFICULTE  
A SOULEVER LA BONDE



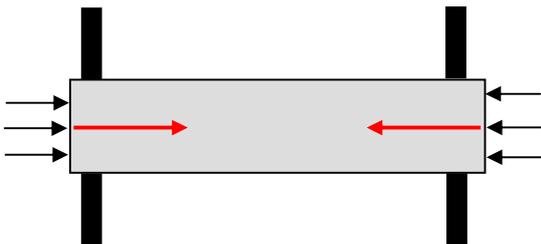
## Comment compenser autrement ! ?

Compenser c'est équilibrer. C'est à dire que pour déplacer une pièce de robinet ou de détendeur, les forces qui s'appliquent sur celle-ci ne doivent ni faciliter, ni entraver le mouvement.

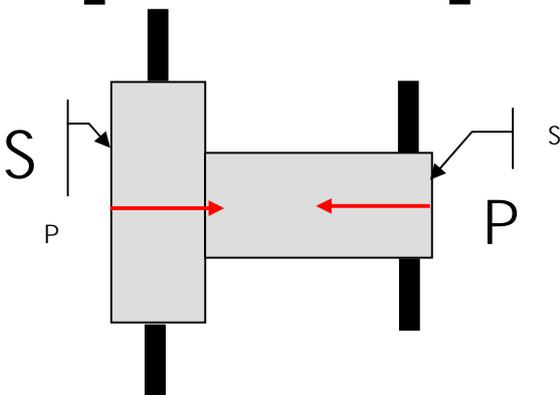
Actions de pression



Aucun effort pour déplacer la pièce vers la gauche ou la droite, les forces, engendrées par la pression sur le cylindre, s'annulent.  
C'est le système de la bonde de lavabo



Aucun effort pour déplacer la pièce vers la gauche ou la droite, les forces, engendrées par la pression sur les extrémités du cylindre, s'annulent.  
C'est le système de la "vis clapet" du robinet de conservation d'un bloc de plongée et de compensation de certains détendeurs.



Aucun effort pour déplacer la pièce vers la gauche ou la droite. Une grande pression sur une petite surface donne le même effet qu'une petite pression sur une grande surface. Les forces, engendrées par les pressions sur les extrémités du cylindre, sont égales et opposées, donc s'annulent.  
C'est le système de compensation de certains détendeurs

## ET UN SON, C'EST QUOI ! ?

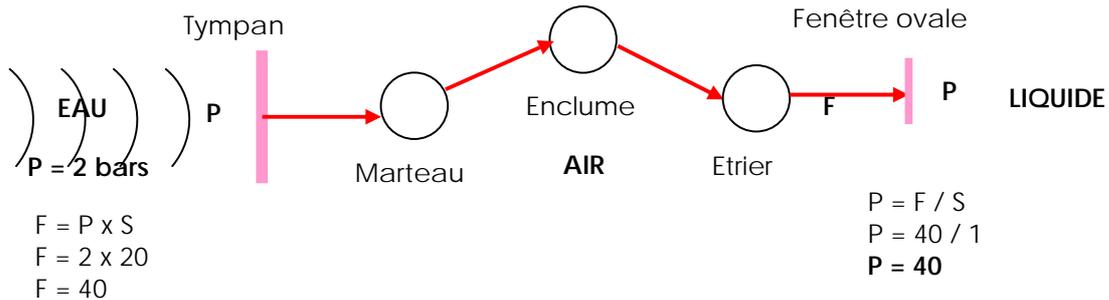
C'est une **variation de pression**, dans l'air ou dans l'eau.

Unité légale : le Pascal, 1N / m<sup>2</sup>, sous-multiple le bar.

Plus communément, on préfère utiliser une autre unité plus pratique et qui est progressive (logarithmique) que l'on appelle le décibel.

Que se passe-t-il dans l'oreille du plongeur ?

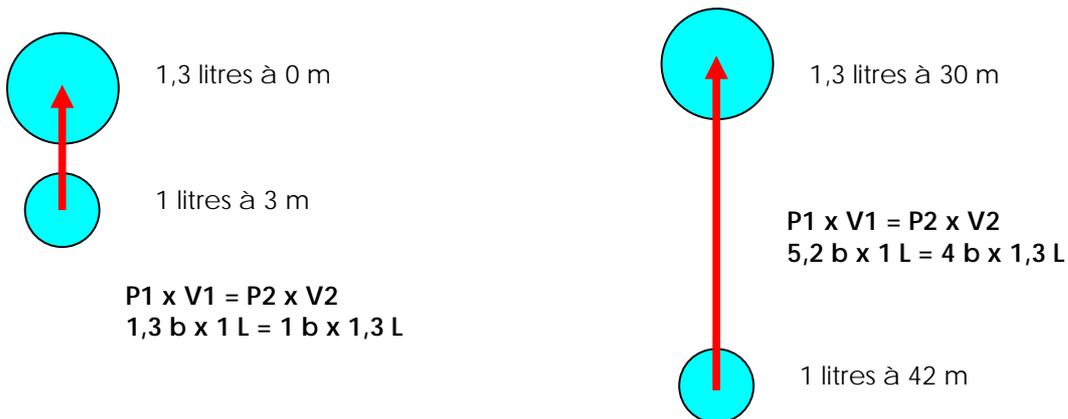
Imaginons une pression de 2 bars sur le tympan soit 10m de profondeur sans compensation.  
Le rapport entre la surface du tympan et la fenêtre ovale est de 1 à 20.



Sans parler d'une éventuelle amplification par la chaîne des osselets, on découvre que la pression est dans un rapport de 2 à 40 entre l'oreille externe et l'oreille interne. Ce qui correspond au rapport des surfaces entre le tympan et la fenêtre ovale.

## ET SI ON ASSOCIE LES PRESSIONS ET LES VOLUMES, CA NOUS FAIT MARIOTTE !

On se souvient, dans un autre exposé : on découvrirait qu'il y a autant de variation de volume entre 42 m et 30 m qu'entre 3 m et 0 m.



Entre 42 et 30 m on remonte à 15 m/mn

Si on remonte à 15 m / mn il faudra :  $\frac{1 \text{ mn} \times 12 \text{ m}}{15 \text{ m/mn}} = 0,80 \text{ mn}$  pour parcourir 12 m

Si je veux respecter la **vitesse d'accroissement des volumes**, il faut que je mette 0,80 mn pour franchir 3 mètres.

Soit : 
$$\frac{1 \text{ mn} \times 3 \text{ m}}{\text{Vitesse}} = 0,80 \text{ mn} \quad \text{d'où la vitesse est égale à } \mathbf{3,75 \text{ m/mn}}$$

Vous comprenez pourquoi, entre autre, plus on approche de la surface, plus on diminue la vitesse de remontée. Actuellement 6 m/mn entre les paliers.

### Et si on parlait consommation ? !

Un plongeur est sur sa réserve de 50b en arrivant au palier de 6m pour 2mn. Il lui reste 18mn à 3m pour terminer sa plongée. Il possède un bloc de 15L. Sa consommation est de 20L/mn.

Réserve 15L x 50b=750L

Consommation à 6m : 20 x 2 x 1.6 = 64L

Consommation à 3m : 20 x 18 x 1.3 = 468L

Au total : 64 + 468 = 532L **Ce qui est largement suffisant pour finir les paliers.**

Pouvez-vous réaliser une plongée de 20 mn à 50 m avec un 18L à 200 b ? Votre conso est de 20L/mn.

Dans la table, on trouve 4 mn à 6 m et 22 mn à 3 m.

Consommation à 50 m : 20 x 20 x 6 = 2400L

Consommation à 6 m : 20 x 4 x 1,6 = 128L

Consommation à 3 m : 20 x 22 x 1,3 = 572L

Consommation totale : 2400 + 128 + 572 = 3100L

L'air disponible est de : 18L x 200b = 3600L

Il restera donc 500L dans le bloc, soit 27b **C'est largement suffisant pour réaliser cette plongée.**

### ET SI ON OBSERVAIT POUR VOIR SI CA COULE OU SI CA FLOTTE ? CA NOUS FAIT ARCHIMEDE !

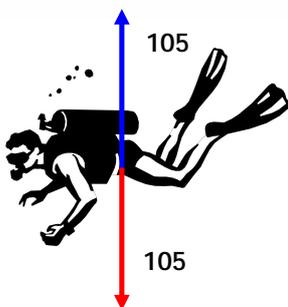


Tout nu dans l'eau douce on flotte. Est-ce que je peux en déduire mon volume ? Bien sûr, si je fais 75 Kg et que je suis à la limite de flotter, grâce à Archimède, je peux dire que mon volume est de 75 litres soit 75 dm<sup>3</sup>.

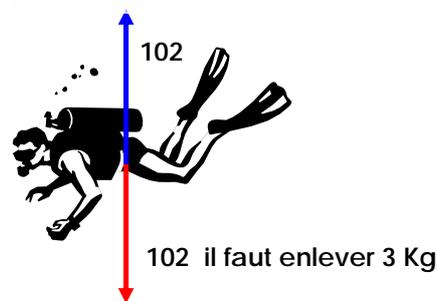
Voyons le comportement d'un plongeur équipé en EAU DOUCE et en EAU DE MER à 4 m de profondeur par exemple. (On se contentera de travailler sur les masses uniquement)

Ce plongeur est équilibré en eau de mer avec 5 Kg de lest et les volumes suivant : Plongeur et lest 80L, bloc 12L, combinaison 6L, gilet 4L. **Total 102 Litres.**

En **EAU DE MER** en équilibre  
102 L x 1,03 densité = **105**

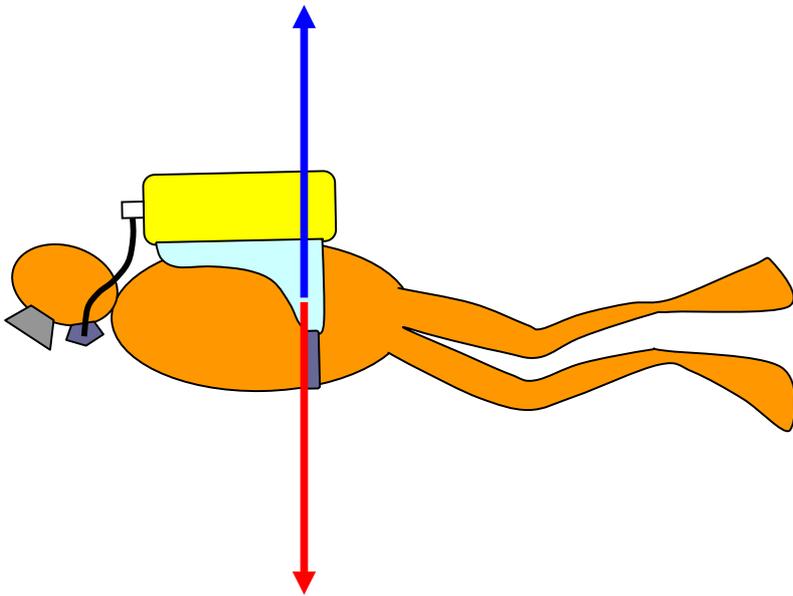


En **EAU DOUCE** en équilibre  
102 L x 1 densité = **102**

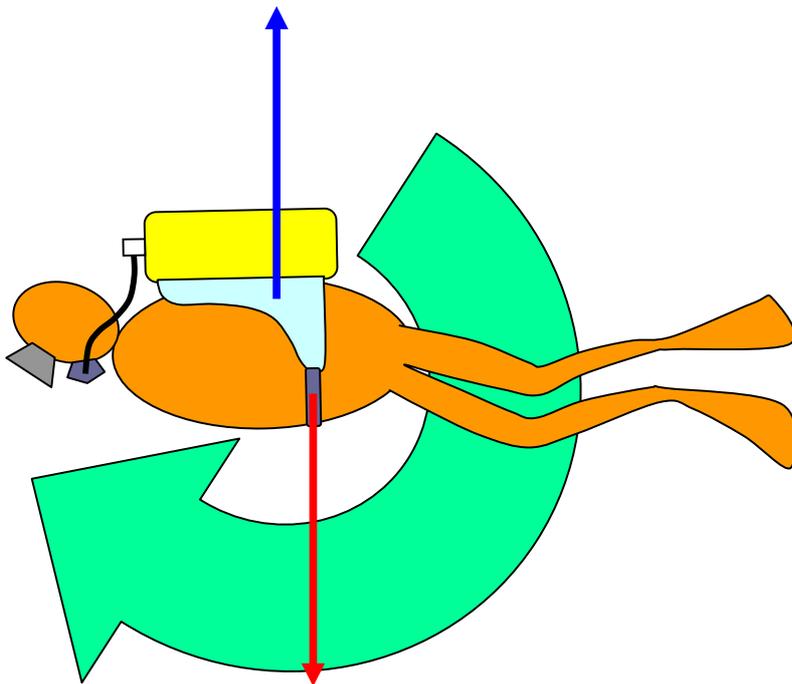


Pour ce plongeur la différence de lestage entre l'eau de mer et l'eau douce sera de 3 Kg

## Il ne faudrait pas jouer à l'hippocampe !



Coincidence parfaite entre le **centre de poussée** et le **centre de gravité**, le plongeur peut prendre sans effort toutes les positions



Ecart important entre le **centre de poussée** et le **centre de gravité**, le plongeur ne peut pas prendre sans effort toutes les positions

Un sur-lestage, nécessite un remplissage excessif de la stab, ce qui conduit à un cabrage du plongeur, qui va devoir progresser comme un HIPPOCAMPE, en fournissant des efforts inconsidérés.

## ET SI ON ASSOCIE L'AZOTE, LES PRESSIONS, LE CORPS DU PLONGEUR ? CA NOUS FAIT DALTON ET HENRY !

### Allons faire un tour en altitude

Un plongeur arrive en altitude après être passé assez rapidement de 200 m à 2000 m.

A 200 m la pression barométrique est d'environ 1 bar.

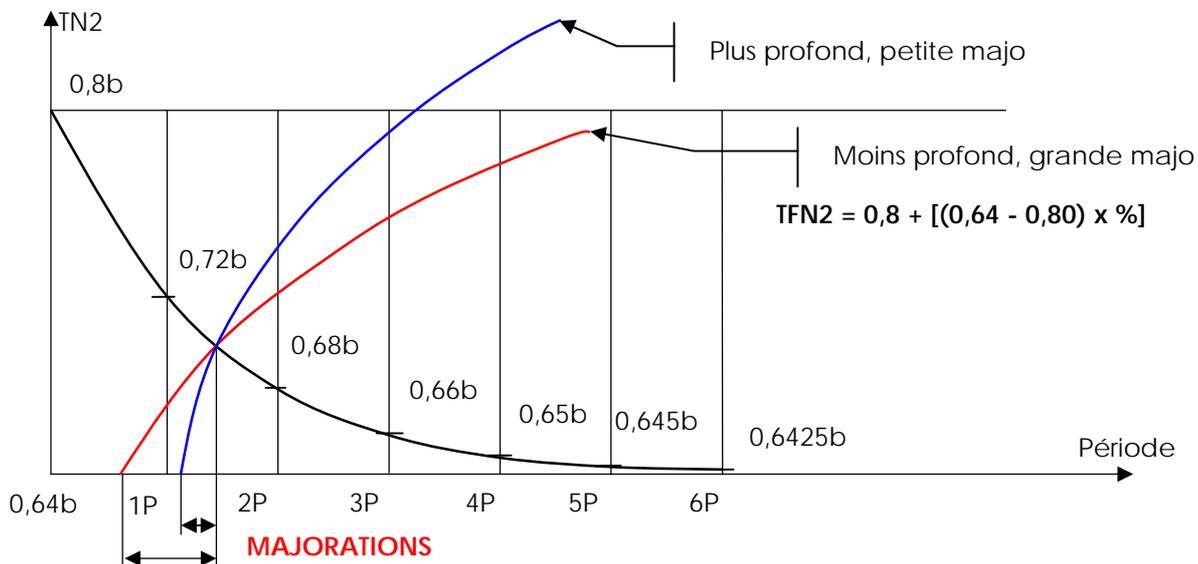
A 2000 m, la pression barométrique est d'environ 0,8 bar. ( entre 0 m et 5000 m, on perd 0,1 bar par 1000 mètres )

Pp de N2 à 1 b = 1 x 80 % = 0,8 b

Pp de N2 à 0,8 b = 0,8 x 80 % = 0,64 b

Ce plongeur en arrivant au bord du lac est en état de désaturation comme s'il faisait une successive. Son ordinateur, s'il en possède un, indiquera un temps d'adaptation de plusieurs heures.

Quantifions cette désaturation; c'est le tissu 120 qui est concerné.



On découvre que, même au bout de 12 heures, soit 6 périodes, il reste encore de l'N2 dans l'organisme du plongeur.

S'il avait dû plonger entre deux et quatre heures après son arrivée au bord du lac, on imagine l'importance de la majoration, surtout si la plongée devait se dérouler à faible profondeur.

### A quelle hauteur je fais mon palier ?

Un tissu 10 mn arrive à une tension de N2 de 3,03 b au moment de sa remontée.

A quelle hauteur doit-il effectuer son palier ? Le SC du tissu 10 mn est de 2,38.

$$2,38 = \frac{3,03 \text{ b}}{P \text{ abs}} \quad \text{d'où } P_{\text{abs}} = 1,27 \text{ b donc prof réelle } 2,70 \text{ m}$$

Le palier doit donc être effectué **entre 3 et 6m** et non à **cheval sur 3**. Je suis autorisé à quitter 6m mais pas à franchir 3.

## CONCLUSION

Comme nous avons pu le voir à travers de nombreux exemples au cours de cet exposé, la physique est présente partout dans le domaine de la plongée.

Les lois physiques pour elles-mêmes ne sont rien pour le plongeur; c'est l'usage que l'on en fait qui est tout, afin d'expliquer les phénomènes liés à la plongée.

Ne restons pas théoriques, cherchons les bonnes implications de la physique dans les nombreux domaines de notre pratique, que ce soit des gestes techniques, du matériel, de la physio, des accidents, des procédures de décompression, etc...

Ne restons pas prisonniers de cours pauvres et incomplets, nous éveillerons l'intérêt, par la pertinence, la simplicité, de notre propos.