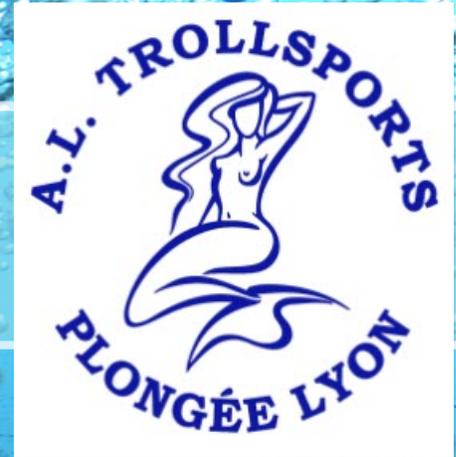


# NIVEAU 2 - THEORIE



## LOIS PHYSIQUES : PRESSIONS/ VOLUMES / FLOTTABILITE

20/11/2023



**Laetitia FUENTES**  
FFESSM E3 #25823  
Moniteur Nitrox #9737  
CMAS Instructor\*\*  
Advanced Nitrox Instructor

Stéphane NGUYEN  
E2

# Objectif de ce cours

En tant que plongeurs PE40/PA20 vous devrez :

- *Savoir adapter votre lestage pour évoluer en immersion en sécurité, comprendre les risques liés au sous-lestage ou au sur-lestage*
- *Planifier votre plongée par rapport à votre consommation en air*
- *Comprendre l'influence des volumes sur la flottabilité*
- *Comprendre l'influence de la variation de la flottabilité sur la vitesse de remontée*
- *Réguler votre vitesse de remontée de manière autonome*

Ce cours vous apporte les éléments théoriques de compréhension pour la mise en œuvre pratique de ces éléments

# Agenda

## 1 Introduction

## 2 Pressions et Volumes en plongée

## 3 La Flottabilité et le Lestage

## 4 En résumé

- **Optique et Acoustique**
- **De quelle Pression parle-t-on ?**
- **En immersion comment cela se passe-t-il ?**
  
- **Rapport entre pression et volume**
- **Incidence sur la consommation en Air**
- **Calcul d'Autonomie en Air pour une plongée**
- **Facteurs favorisant une consommation plus importante**
  
- **Pourquoi je flotte / pourquoi je coule**
- **Agir sur la flottabilité**
- **Le lestage – faire un bon test de lestage**
- **Facteurs de risques et conséquences d'un mauvais lestage**

# Introduction : optique et acoustique

## Lumière et couleurs ?

La lumière est absorbée dans l'eau : plus je plonge profond et plus le spectre lumineux se réduit. La visibilité dépend de la quantité de lumière qui franchit la surface, de la profondeur, de la transparence de l'eau

## L'influence du masque ?

Le masque déforme la vision : tout apparaît plus près (distance  $\times 3/4$ ) et plus gros (taille environ  $\times 4/3$ )

## Et comment j'entends ?

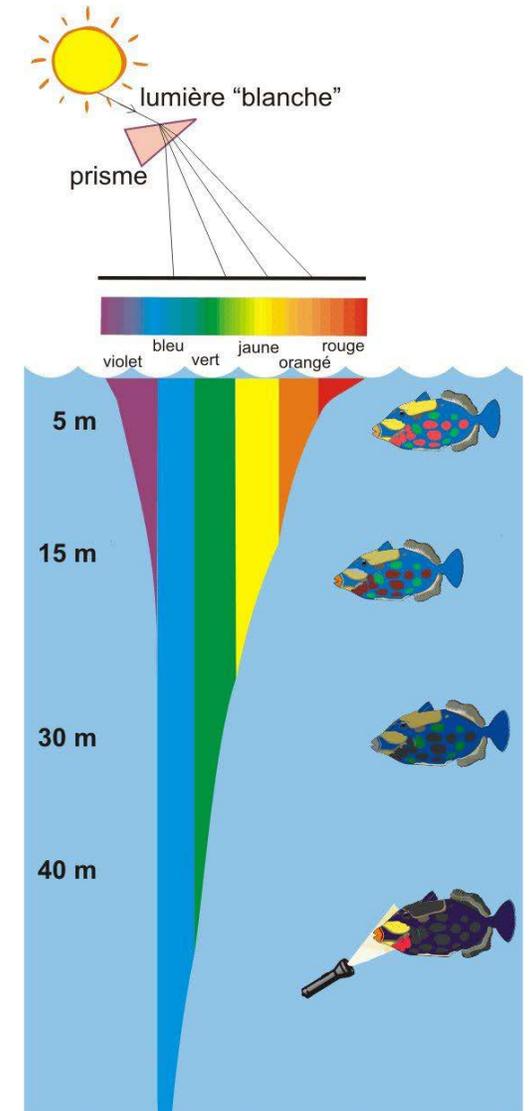
Dans l'air, nous entendons les sons et sommes capables de déterminer la direction d'où ils nous viennent. En plongée, nous entendons nettement les sons, y compris ceux qui viennent de très loin. Par contre, nous sommes incapable de déterminer d'où ils nous arrivent.

Cela est dû au fait que l'onde sonore ne se déplace pas à la même vitesse dans tous les milieux

Dans l'air, la vitesse du son est de 300 m/s.

Dans l'eau, la vitesse du son est de 1500 m/s.

Soit 5 fois plus vite environ



# La Pression : de quoi parle-t-on ?

Unité ? La pression s'exprime en bar. Elle matérialise la force appliquée sur une surface.

## Pression atmosphérique ?

C'est le poids de l'air

Elle est d'environ 1 bar au niveau de la mer et diminue d'environ 0,1 bar tous les 1 000m d'altitude

## Pression Hydrostatique ?

C'est le poids de l'eau

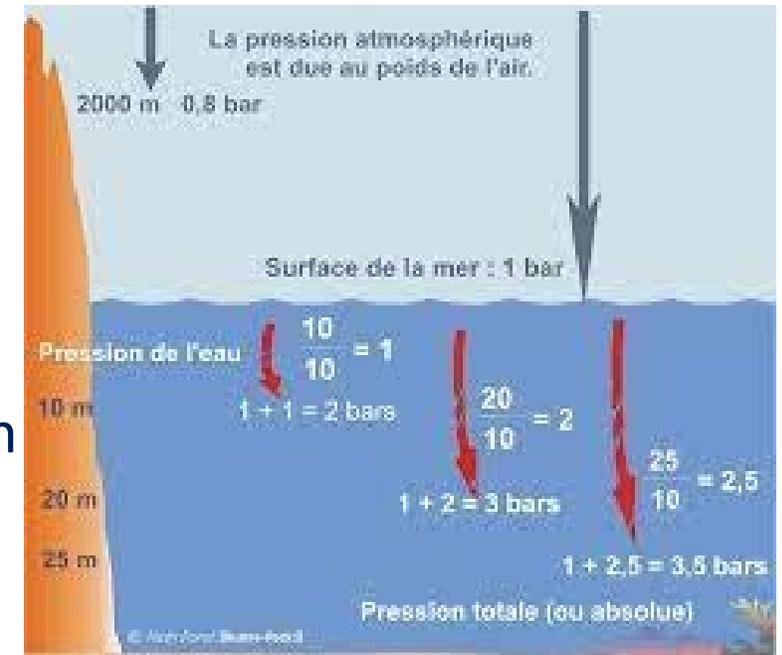
En immersion, elle augmente de 1 bar tous les 10m

## Pression Absolue ?

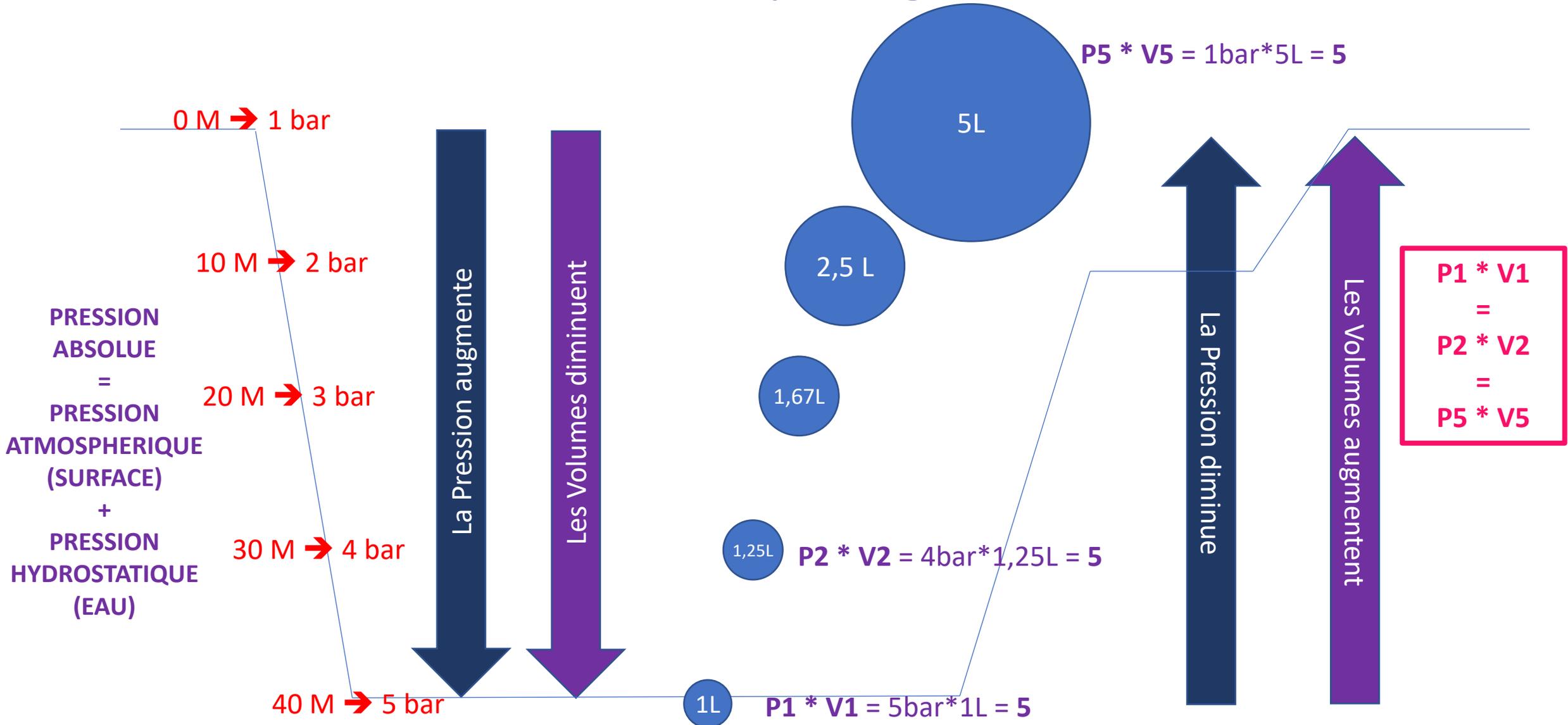
Il s'agit de la pression totale subie par le plongeur en immersion

Elle est la somme de

la pression atmosphérique + la pression hydrostatique



# Pressions et Volumes en plongée



# Pressions et Volumes : le bloc

Combien de litres d'air contient mon bloc ?

Rappel :  $P1 * V1 = P2 * V2$

Mon bloc de 12L (V1) est gonflé à 200 bars (P1).

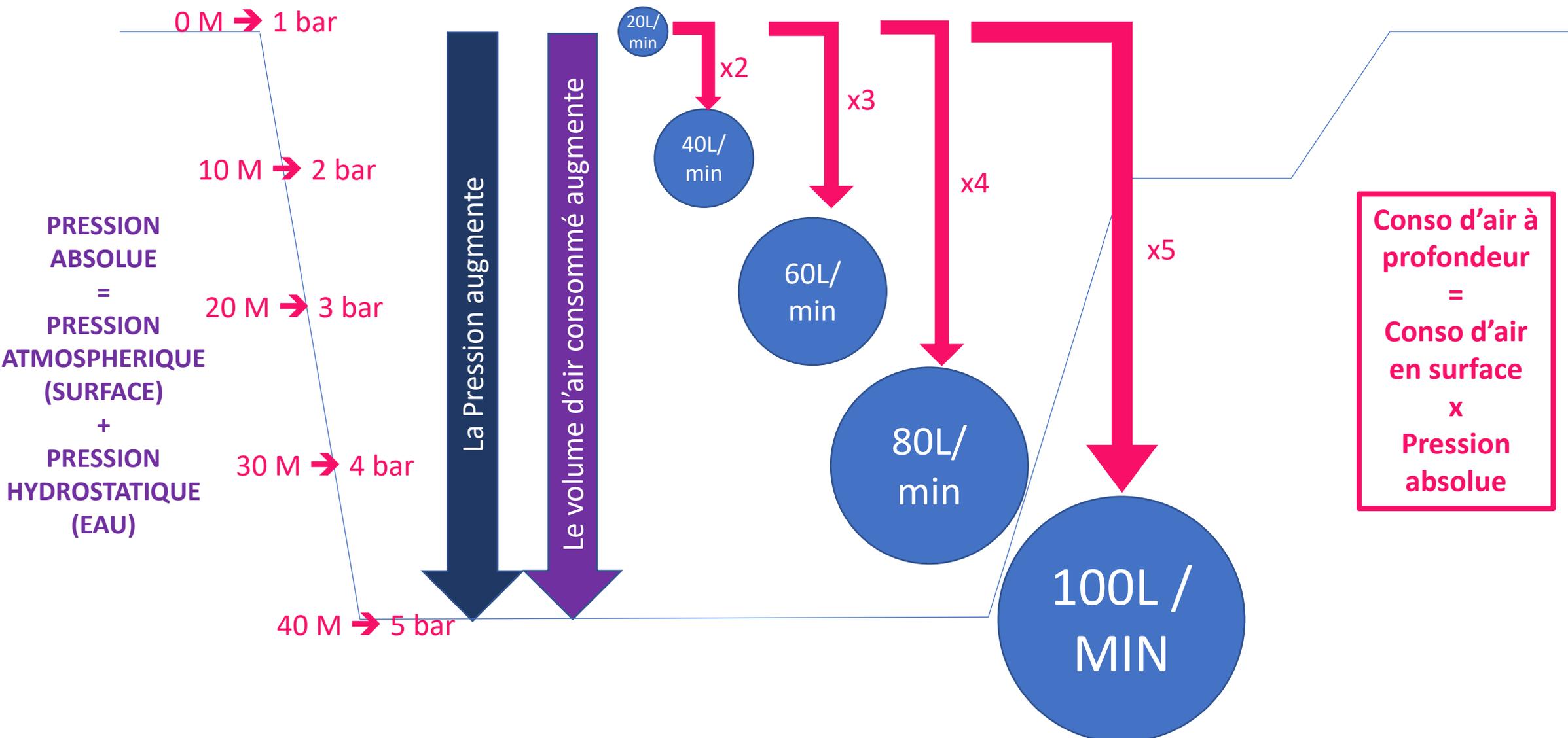
Quel est son volume (V2) à la pression atmosphérique 1bar (P2) ?

$12L * 200 \text{ bar} = V2 * 1 \text{ bar} \rightarrow V2 = 12 * 200 = 2\,400 \text{ L}$

Et mon bloc de 15L à 210 bar ?



# Evolution de la consommation en Air en immersion



# Calculs de Consommation et d'Autonomie

## METHODE 1

### *Utiliser le volume équivalent disponible*

Exemple : Plongeur équipé d'un bloc de 12L gonflé à 200 bars et va plonger à 20M. Il doit remonter avec 50 bar sur le bateau

S'il consomme 18 L/ minutes quelle est son autonomie ?

A 20M la pression absolue est de 3 bar.

Le plongeur dispose de  $12L * (200 - 50) \text{ bar} = 1\ 800 \text{ L}$

**A 20M il disposera de  $1\ 800 / 3 = 600 \text{ L d'air}$**

Autonomie =  $600 \text{ L} / 18 \text{ L/mn} = 33 \text{ minutes environ}$

## METHODE 2

### *Utiliser la consommation équivalente*

Exemple : Plongeur équipé d'un bloc de 12L gonflé à 200 bars et va plonger à 20M. Il doit remonter avec 50 bar sur le bateau

S'il consomme 18 L/ minutes quelle est son autonomie ?

A 20M la pression absolue est de 3 bar.

Le plongeur dispose de  $12L * (200 - 50) \text{ bar} = 1\ 800 \text{ L}$

**A 20M il consomme  $18 \text{ L/min} * 3 = 54 \text{ L/min}$**

Autonomie =  $1\ 800 \text{ L} / 54 \text{ L/mn} = 33 \text{ minutes environ}$



**La Consommation d'Air augmente avec la profondeur et l'Autonomie diminue ... Il est essentiel d'en tenir compte lorsqu'on prépare sa plongée !**

# Facteurs modifiant la consommation

## Je consomme moins quand ...

Je suis en forme

J'adopte une ventilation basse

Je limite /contrôle mes efforts

Je me stabilise mieux et je ne touche pas à mon gilet pendant mon évolution

*Mon lestage est optimal →  
chapitre suivant 😊*

## Je consomme plus quand ...

Je suis fatigué : mauvaise forme physique

Je suis stressé : mauvaise forme psychique

Je prends de l'âge

Je fais des efforts (lutte contre le courant par exemple)

Je lutte contre le froid

# Flottabilité et lestage

**Flottabilité**

Ex:

$80 \text{ kg}$  à  $Jd 86 \text{ kg}$

$80 - 86 = -6 \text{ Kg}$

**RISQUES**

- SUR-LESTAGE = soufflement
- Sous lesté = Non Maintien Paliers  $\rightarrow$  ADD
- Conso ++  $\Rightarrow$  Panne d'air

$\triangle$  Test de Lestage tous les Plongées

1° Flottabilité Positive  
 2° Flottabilité Négative  
 3° Flottabilité Neutre = Équilibre

Poids Réel (= équipé) Kg

Poussée Archimède (Volume Déplacé) Kg

$V_3 = V_1$

Poids App = Poids Réel - Poussée Archimède

kg kg kg

NB : je transforme le volume déplacé en kg en le multipliant par la densité du liquide

Ex :  
 eau douce  $\rightarrow$  la densité est de  $1 \text{ kg/L}$  donc  $86 \text{ L} = 86 \text{ kg}$   
 Méditerranée  $\rightarrow$  la densité est de  $1,03 \text{ kg/L}$  donc  $86 \text{ L} = 88,6 \text{ kg}$

# Agir sur sa Flottabilité

- Agir sur son Poids Réel : on ajuste le lestage, le poids du bloc



A gauche, poids 14,3kg  
À droite, poids 17,8 kg



- Agir sur son volume : on ajuste le volume de la combinaison, les volumes d'air contenus dans les poumons, dans le gilet

*La maîtrise du Poumon Ballast est essentielle pour le plongeur et la gestion de sa stabilisation.*

*Le volume d'air mobilisé dans les poumons peut faire varier de 2 à 3 litres notre flottabilité !*

*Alors on expire fortement pour faciliter l'immersion ...  
et on ne touche pas à son gilet en phase de fond,  
le poumon étant largement suffisant à des variations  
de quelques mètres*



à gauche - Taille XL Flottabilité 21,4 L  
à droite - Taille S Flottabilité 14,3 L

# Comment faire un test de lestage ?

Le test de lestage s'effectue toujours avec un binôme et toujours à proximité du support de plongée :

- détendeur en bouche
- masque sur le visage
- palmes à la verticale, sans palmer
- gilet entièrement purgé
- en tenant l'inflateur en main pour intervenir en cas de descente non contrôlée

Sur une expiration forcée → il faut avoir le niveau de l'eau à 1 bras au-dessus de la tête.

Si vous êtes trop haut (moins de 1 bras) alors ajoutez 1kg

Si vous continuez de descendre en dessous de 1m sans pouvoir stopper à l'aide de votre seul poumon ballast, alors enlevez 1kg

# Le lestage au Niveau 2

Le Sous-lestage ou le sur lestage représentent un **DANGER**

- Le premier par rapport à une non-tenue de palier, remontée trop rapide en surface → accident
- Le second est un facteur de risque pour l'essoufflement

Qu'est-ce qui doit me faire penser à un test de lestage ?

- Toute modification de l'équipement → changement de combinaison, de gilet, de bloc, ajout d'un phare lourd, combinaison qui n'a pas été immergée depuis longtemps, etc...
- Toute modification de l'environnement → eau douce/ eau de mer, mer chaude
- Toute modification de votre physionomie (perte ou prise de poids)

Je dois savoir faire un test de lestage pour moi-même, mais aussi aider mes coéquipiers

Prêter attention à un bon équilibre du lest sur soi

- attention à la répartition autour de la ceinture
- pas de plomb entre le dos et le bloc
- prévoir des plombs dans les poches, larguables, pour faciliter le test de lestage
- équilibrer le plomb entre les poches de la stab et la ceinture

# En résumé (1/2) ...

Pression absolue subie par le plongeur en immersion. 1 bar (pression atmosphérique) + 1 bar tous les 10m (pression hydrostatique)

## Rapport entre la pression et les volumes

- Lorsque la pression augmente, les volumes diminuent, et inversement
- De manière toujours identique :  **$P1 * V1 = P2 * V2$**

## Application : la consommation en Air

La consommation en volume d'air par minute augmente proportionnellement à la pression absolue :

**Conso d'air à profondeur = Conso d'air en surface x Pression absolue**

Cela me permet de calculer mon autonomie en air pour ma plongée

Plusieurs facteurs impactent ma consommation :

- Facteurs physiologiques : âge, état de forme
- Facteurs comportementaux : stabilisation, ventilation, efforts
- Facteurs environnementaux : Froid
- Un bon (ou un mauvais) lestage

# En résumé (2/2) ...

## Je flotte / je coule

Si Poids Apparent  $> 0$  → Flottabilité négative → le plongeur coule

Si Poids Apparent = 0 → Flottabilité neutre → le plongeur est équilibré

Si Poids Apparent  $< 0$  → Flottabilité positive → le plongeur flotte (remonte)

## J'agis sur ma flottabilité

En agissant sur mon poids réel : lestage, bloc

En agissant sur mon volume : volume d'air dans le gilet, volume d'air dans les poumons – importance du Poumon Ballast à l'immersion, en déplacement à profondeur

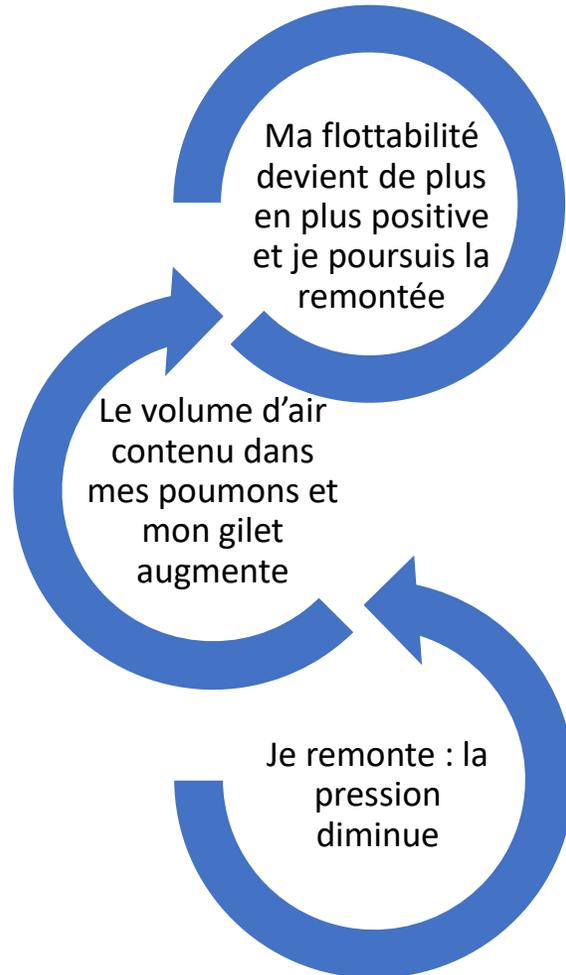
## Le test de lestage

**Danger du sur-lestage = essoufflement**

**Danger du sous-lestage = remontée rapide en surface → Accident**

Faire un test de lestage : en cas de modification de mon équipement (combinaison, bloc, etc...), en cas de modification de l'environnement (eau douce/ eau de mer), en cas de modification de votre physiologie (perte ou prise de poids)

# Et la vitesse de remontée ?



## POUR FREINER MA REMONTEE

*Je recherche à retrouver un état d'équilibre, flottabilité neutre → Je dois donc diminuer mon volume pour retrouver un poids apparent égal à zéro*

*D'abord je diminue mon volume pulmonaire (expiration forcée)  
Ensuite je diminue mon volume d'air dans le gilet (purge)*

Merci !

Prochain COURS le 04/12

*Thème : les accidents  
barotraumatiques*