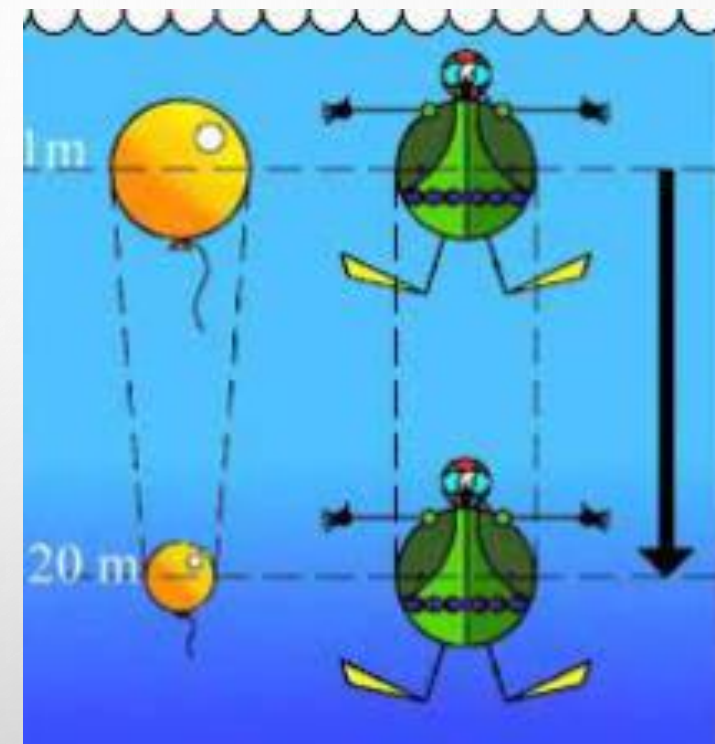




PHYSIQUE

APPLIQUÉE À LA PLONGÉE





OBJECTIFS DU COURS

- 1. Connaître les composants de l'air et de l'eau**
- 2. Comprendre le principe d'Archimède et ses applications à la plongée**
- 3. Comprendre les notions de pression atmosphérique, hydrostatique et absolue**
- 4. Comprendre la loi de Boyle & Mariotte**

PLAN DU COURS

1. Milieu du plongeur: l'air & l'eau
2. Principe d'Archimède
3. Notions de Pressions
4. Loi de Boyle & Mariotte

1. L'AIR & L'EAU

L'AIR

= Mélange gazeux

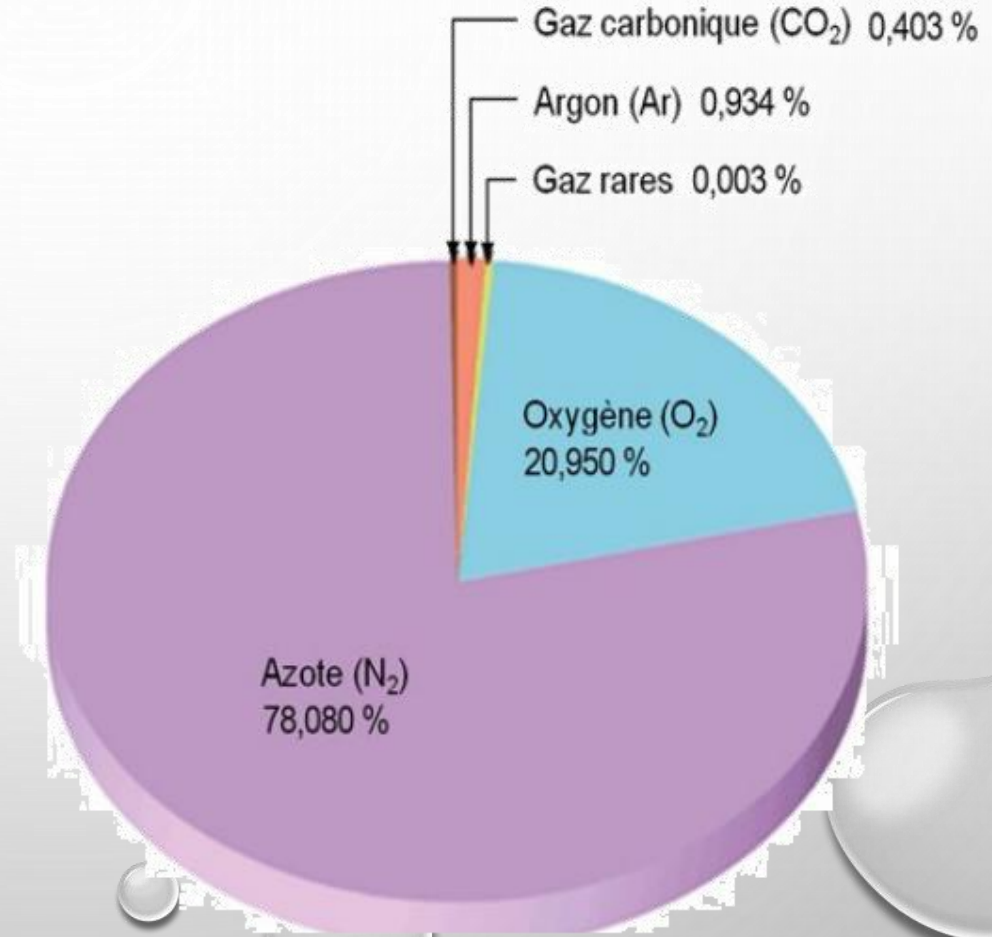
Approximation pour les calculs:

20% O₂ (Oxygène)

80 % N₂ (Azote)

Masse volumique: 1,25 gr/L

Poids d'1 litre d'air



1. L'AIR & L'EAU

OXYGENE (O₂)

1. Indispensable à la vie
2. Intervient dans le métabolisme (combustible)
3. Air inspiré = 21 % O₂
Air expiré = 16 % O₂ => 5 % consommé

1. L'AIR & L'EAU

AZOTE (N₂)

1. Pas consommé par l'organisme
2. Inerte, neutre métaboliquement

=> Problématique pour la plongée...

1. L'AIR & L'EAU

L'EAU (H₂O) Masse volumique: 1,0 Kg/L (eau douce)
1, 030 Kg/L (eau de mer)

1. Indispensable à la vie
2. Conduit mieux les ondes sonores que l'air (200 X plus vite)
3. Plus conductrice de la chaleur que l'air (23x) => risque d'hypothermie
4. Influence les ondes lumineuses
5. Porte les bateaux !!!
(et les plongeurs)



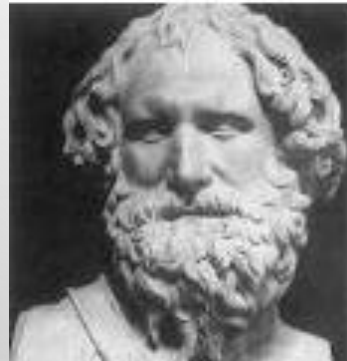
PLAN DU COURS

1. Milieu du plongeur: l'air & l'eau
2. Principe d'Archimède
3. Notions de Pressions
4. Loi de Boyle & Mariotte

2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée

- verticale
- orientée de bas en haut
- égale au poids du volume de fluide déplacé.



-287

-212



2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

Notion de poids apparent

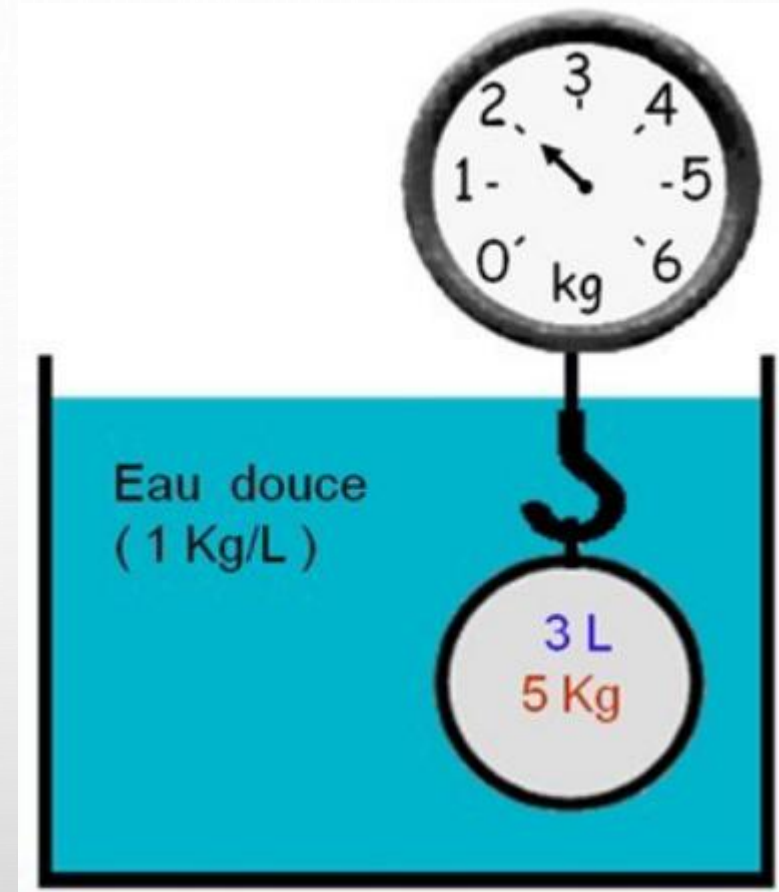
OBJET: solide quelconque

Volume: 3L

Masse: 5 Kg

FLUIDE: eau douce

Masse volumique: 1 Kg/L



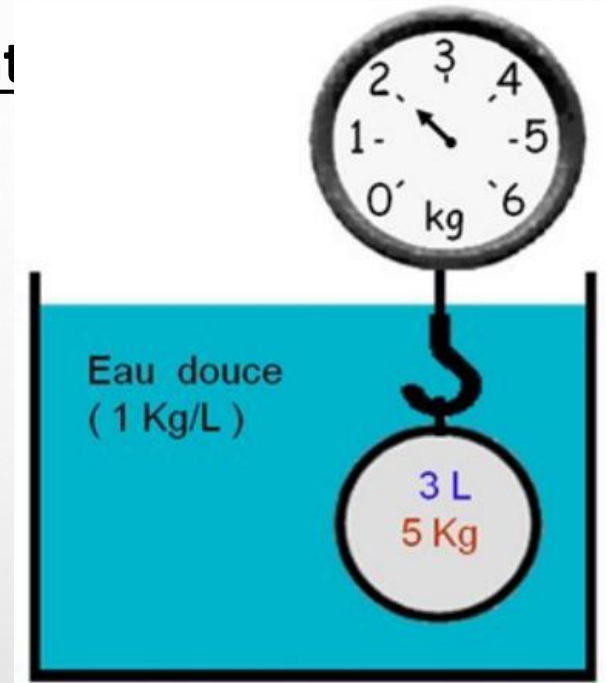
2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

Notion de poids apparent

Poussée d'Archimède:

$3 \times 1 \text{ Kg} = 3 \text{ Kg}$ (Poids du volume de fluide déplacé)

Poids de l'objet: 5 Kg



Poids apparent = $5 \text{ Kg} - 3 \text{ Kg} = 2 \text{ Kg}$

Soit 2 Kg sur la balance

2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

Notion de poids apparent

Calcul du poids apparent:

$$P_{\text{app}} \text{ (kg)} = P_{\text{réel}} \text{ (kg)} - P_{\text{arch}} \text{ (kg)}$$

Exemple:

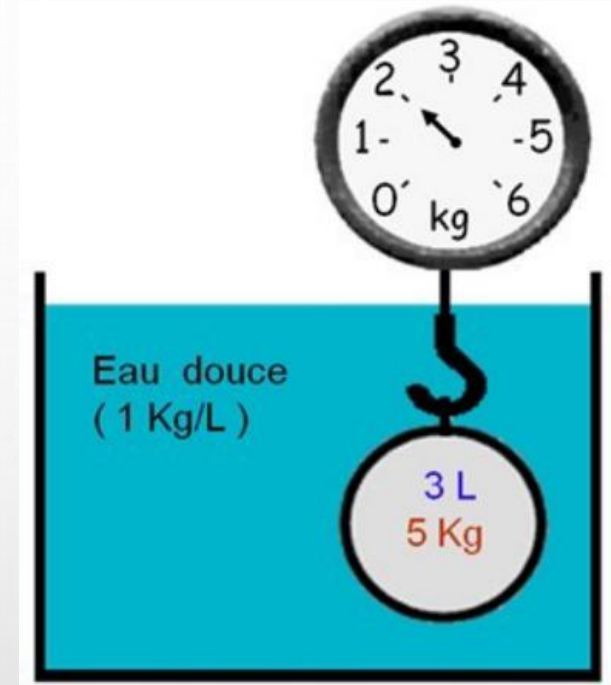
Un plongeur de 80 Kg déplace un volume de 76 Litres d'eau douce

Quel est son Poids App?

$$80 \text{ Kg} - 76 \text{ Kg} = 4 \text{ Kg}$$

$$\text{En eau de mer: } 80 \text{ Kg} - (76 \times 1,03 \text{ Kg}) = 1,72 \text{ Kg}$$

(78,28 Kg)



2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

NOTION DE FLOTTABILITÉ

La flottabilité d'un corps (ou d'un objet) dans un liquide est la résultante de 2 forces opposées :

- Le poids de l'objet (= poids réel)
- Le poids du volume de liquide déplacé par l'objet immergé (= Poussée d'Archimède)

Le poids réel de l'objet l'attire vers le bas
La poussée d'Archimède le pousse vers le haut



2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

NOTION DE FLOTTABILITÉ

Si la Poussée d'Archimède $>$ Poids réel $\Rightarrow$
Flottabilité POSITIVE



Si la Poussée d'Archimède = Poids réel $\Rightarrow$
Flottabilité NEUTRE (équilibre)



Si la Poussée d'Archimède $<$ Poids réel $\Rightarrow$
Flottabilité NÉGATIVE



Le gilet permet de faire varier la valeur de la Poussée d'Archimède
Le lestage permet de faire varier le Poids réel du plongeur

2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

NOTION DE FLOTTABILITÉ

Concrètement en plongée, que se passe-t-il?

Baigneur en maillot => flottabilité NEUTRE (pour la plupart...)

Plongeur en combinaison (en surface) => Volume ↗ sans augmenter le poids
=> flottabilité devient POSITIVE

Plongeur équipé (+ bouteille + détendeur) => Poids ↗ mais Volume ↗
=> Si le poids reste insuffisant => Lestage

2. PRINCIPES D'ARCHIMÈDE

NOTION DE FLOTTABILITÉ

Concrètement en plongée que se passe-t-il?

Différence de densité de l'eau:

Eau douce: 1,000

Eau salée: 1,030 (selon les mers...)

Plus l'eau est dense, plus la poussée d'Archimède ↗

⇒ Adapter son lestage selon le type d'eau...

Le matériel utilisé influence aussi la Poussée d'Archimède (rapport Poids/Volume)

Combinaison humide ou combinaison étanche...

Bouteille en acier, en aluminium ou en carbone...

2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

NOTION DE FLOTTABILITÉ

Concrètement en plongée que se passe-t-il?

Pendant la descente => Volume du plongeur ↘
=> flottabilité devient NÉGATIVE

Le plongeur va devoir compenser la perte de volume

⇒ poumon-ballast (au début)

⇒ utilisation du gilet (augmente le volume mais pas le poids)

En fin de plongée => bouteille sur « Réserve » (200 b → 50 b)
=> pour une bouteille de 15 L, perte de
 $3750 \text{ gr} - 937,5 \text{ gr} = 2812,5 \text{ gr}$ (air: 1,25 gr/L)
=> perte d'environ 3 Kg...

2. PRINCIPE D'ACHIMÈDE

Concrètement en plongée que se passe-t-il?

Le lestage: doit permettre de s'immerger en début de plongée
doit assurer une flottabilité neutre en fin de plongée (paliers)
⇒ Importance d'une bonne technique d'immersion « pieds lourds »

Les dangers du sur-lestage:

- Couler à la mise à l'eau
- Gilet trop gonflé en surface => risque de dérive en cas de courant
- Gilet trop gonflé en plongée => consommation ↗
=> essoufflement
=> difficulté d'assistance à son compagnon

ÉVITER LE SURLESTAGE

2. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

Applications à la plongée:

- 1. Combinaison**
- 2. Canard**
- 3. Tuba**
- 4. Gilet**
- 5. Bouteille**
- 6. Lestage**
- 7. Poumon-ballast**

PLAN DU COURS

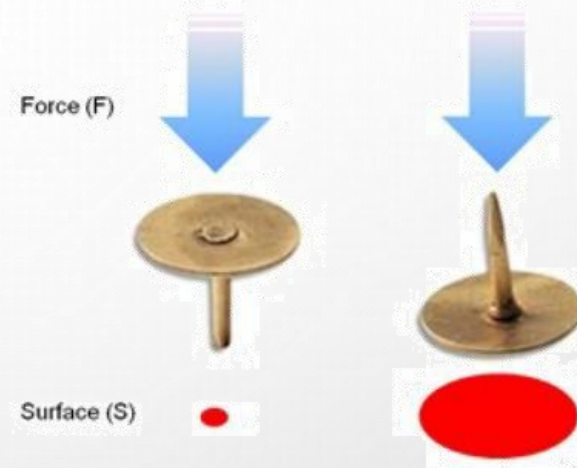
1. Milieu du plongeur: l'air & l'eau
2. Principe d'Archimède
3. Notion de Pressions
4. Loi de Boyle & Mariotte

3. NOTION DE PRESSION

A. DÉFINITION

Pression = Force exercée sur une Surface

$$P_{\text{pascal}} = \frac{F_{\text{newton}}}{S_{\text{m}^2}}$$



Unité de pression en physique: le Pascal

1 Pa = pression exercée par une force de 1 N sur une surface de 1 m²

1N = 100 gr x 10 m/s² (acc grav)

Unité de pression en plongée: le bar

1 bar = 1 Kg / cm² = 100.000 Pascals

3. NOTION DE PRESSION

B. PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

Pression atmosphérique :

Poids de la colonne d'air qui s'appuie sur le sol

Valeur: $1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$ (arrondi à 1)

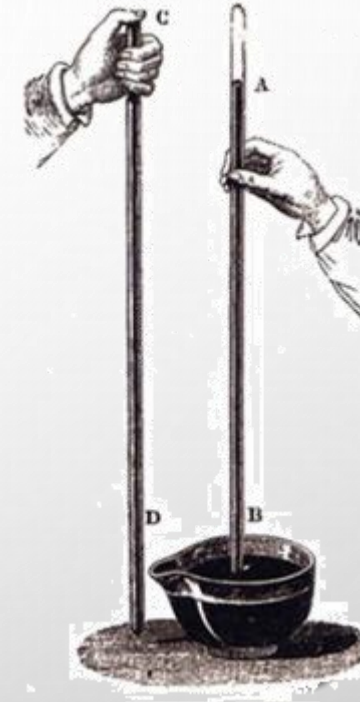
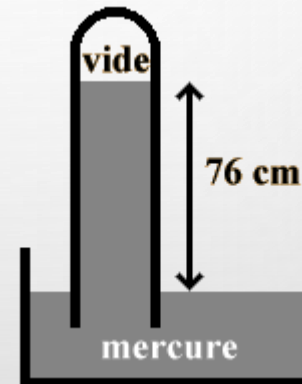
$= 1013 \text{ hPa}$

$= 760 \text{ mm de mercure}$

Cette valeur diminue avec l'altitude

A 5000 m d'altitude, elle vaut 0,5 bar

Comparons avec la pression hydrostatique...



3. NOTION DE PRESSION

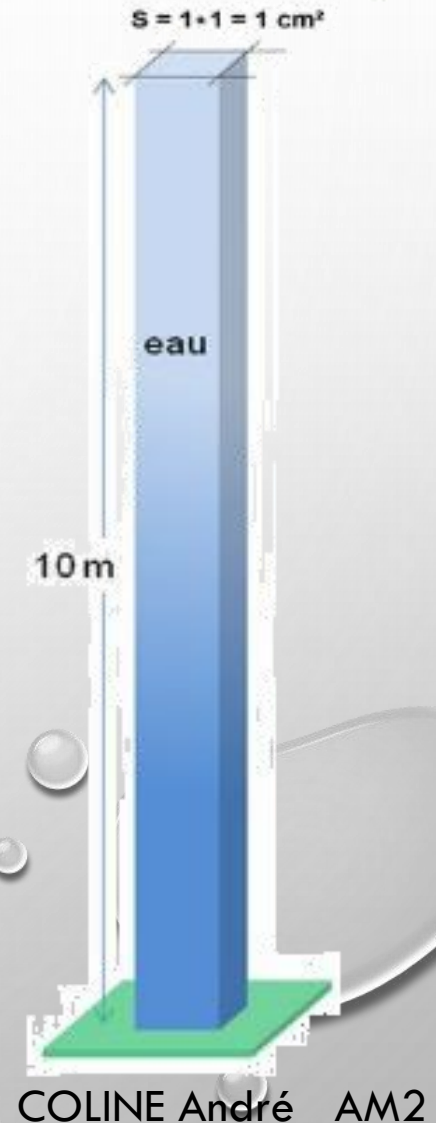
C. PRESSION HYDROSTATIQUE

Pression hydrostatique

= pression due au poids d'une colonne d'eau immobile

⇒ 1 bar (+/-) pour 10 mètres d'eau (1cm^2 de surface)

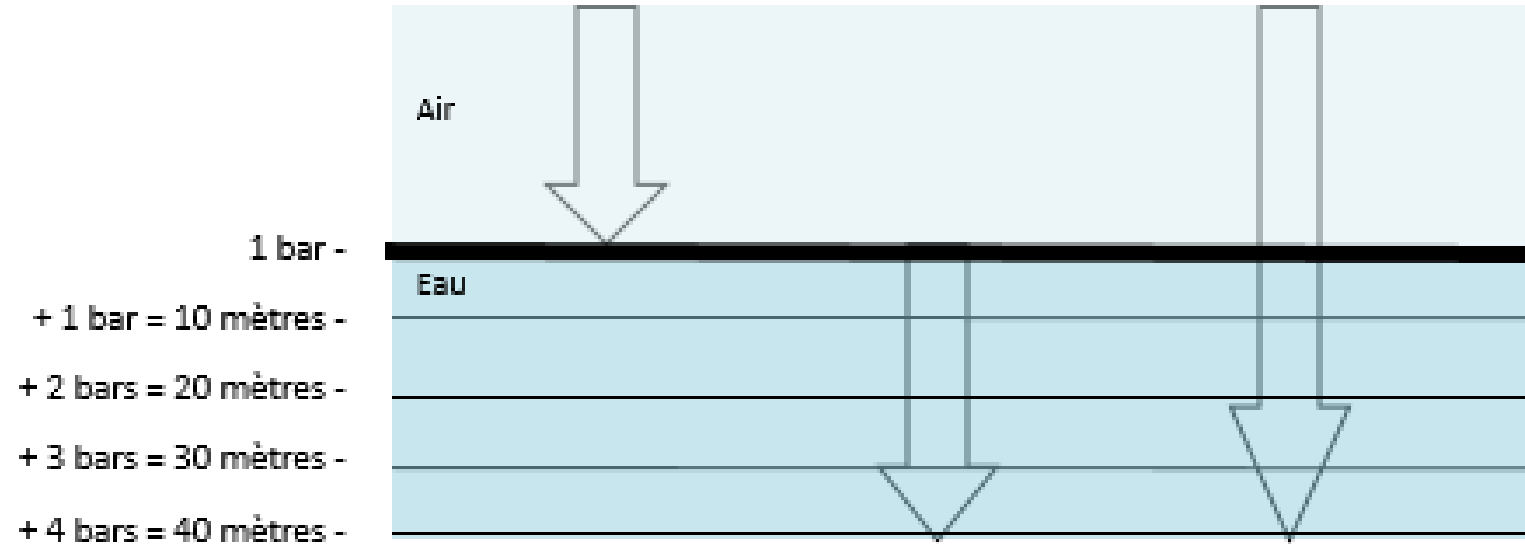
⇒ Augmente avec la profondeur



3. NOTION DE PRESSION

D. PRESSION ABSOLUE

La Pression Absolue:



Pression absolue = pression atmosphérique + pression hydrostatique



Pression subie par le plongeur

PLAN DU COURS

1. Milieu du plongeur: l'air & l'eau
2. Principe d'Archimède
3. Notions de Pressions
4. Loi de Boyle & Mariotte

4. LOI DE BOYLE & MARIOTTE

Les 3 états de la matière:

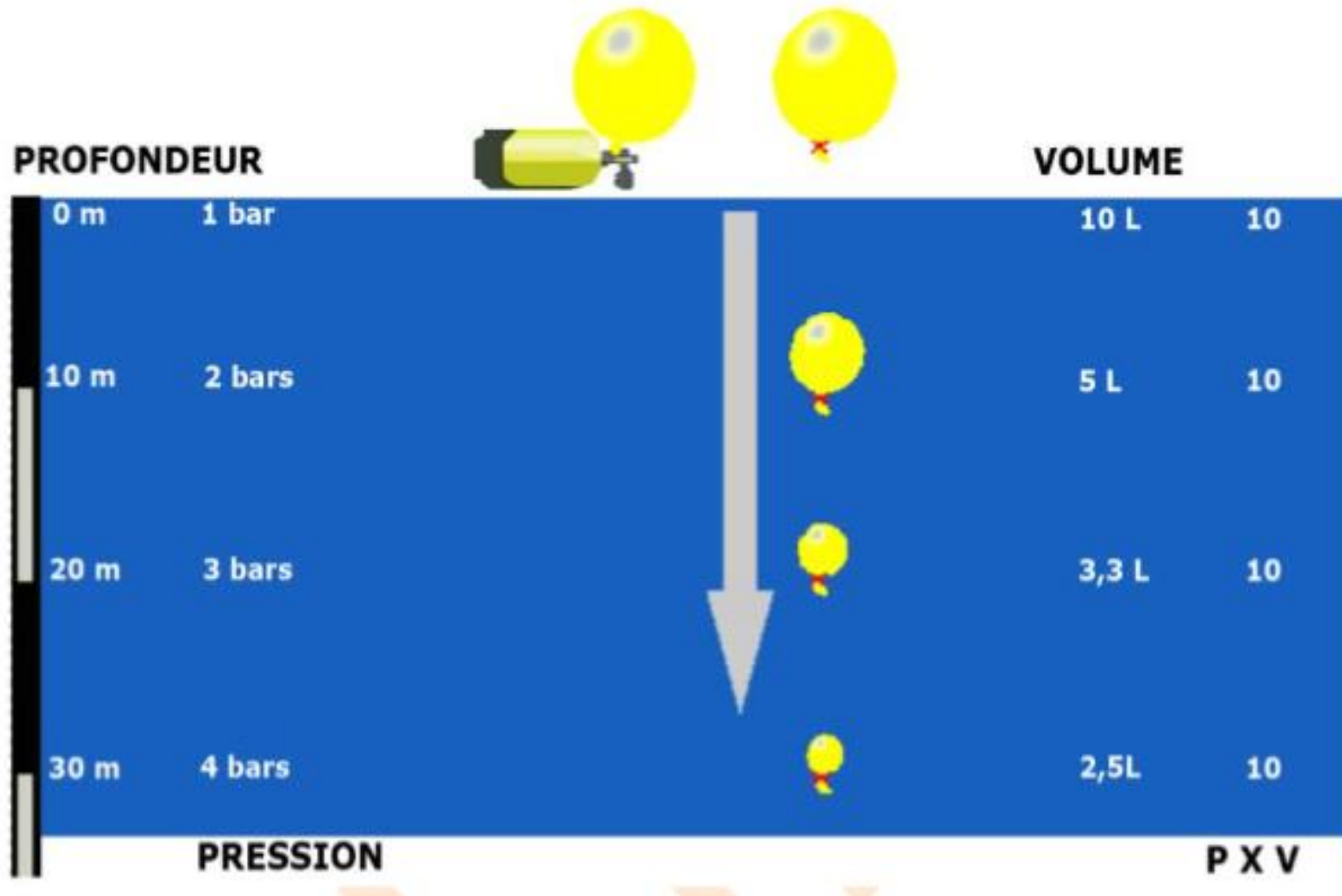
❖ Solides	Incompressibles
❖ Liquides	Incompressibles
❖ Gaz	COMPRESSIBLES

Relation entre le volume d'un gaz et la pression appliquée

↳ **Pression Absolue**

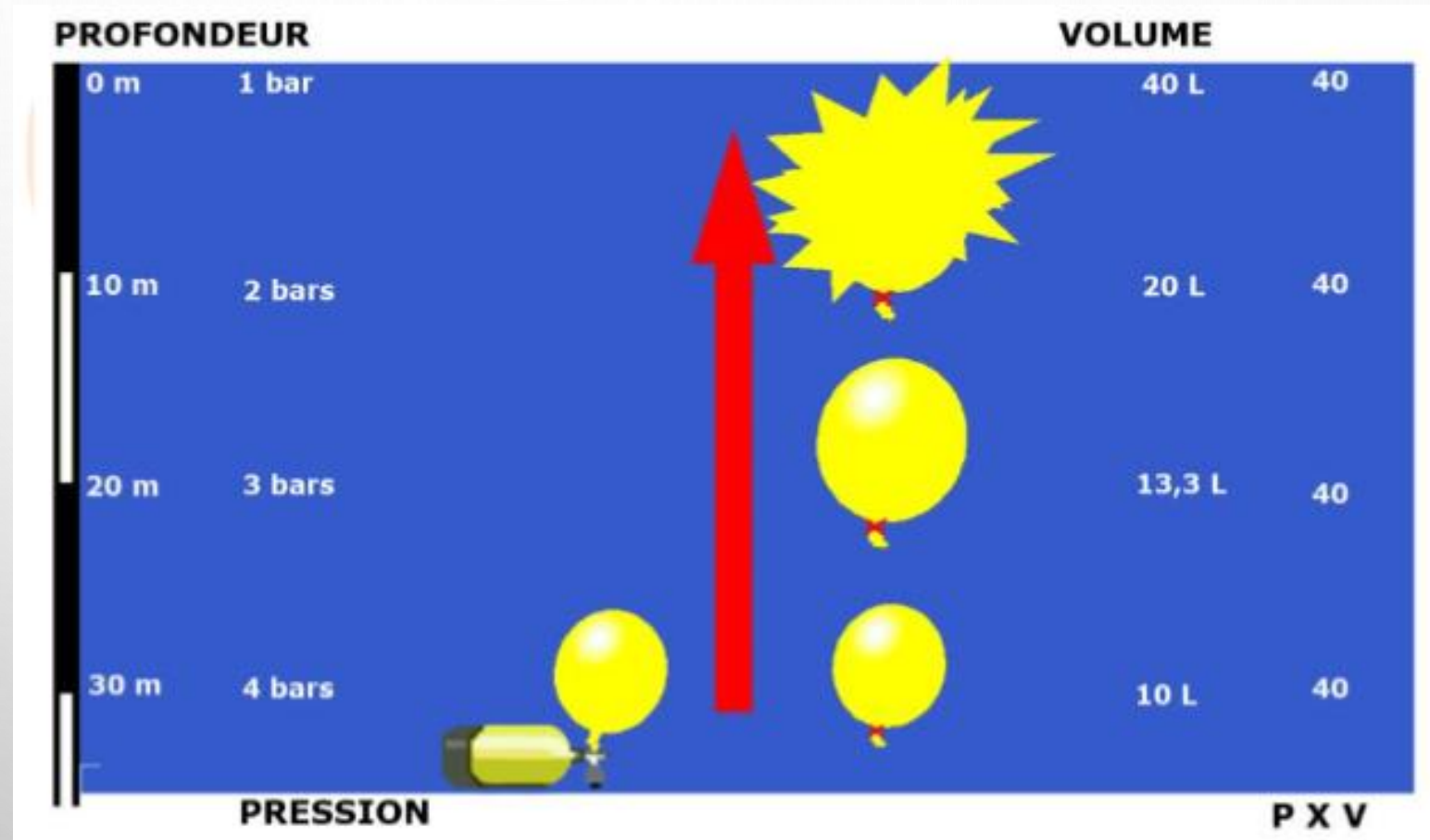
4. LOI DE BOYLE & MARIOTTE

Lors de la descente...
(ballon gonflé en surface)



4. LOI DE BOYLE & MARIOTTE

Lors de la remontée...
(ballon gonflé au fond)



4. LOI DE BOYLE & MARIOTTE

Descente:

Plus la pression augmente, plus le volume **diminue**

Remontée:

Plus la pression diminue, plus le volume **augmente**

=> LOI DE Boyle & Mariotte: (à température constante)

Le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit

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



Avez-vous des questions?

RAPPEL

1. Définissez Pression Atmosphérique, Pression Hydrostatique, Pression Absolue?
Comment ces pressions peuvent-elles varier?

Pression Atm: pression exercée par la colonne d'air située au-dessus du point concerné
Diminue avec l'altitude (0,1 bar / 1000 mètres)

Pression Hydrostatique: pression exercée par une colonne d'eau immobile
Augmente avec la profondeur (1 bar / 10 mètres)

Pression Absolue: C'est la somme de la pression Atm et de la pression Hydrostatique
$$\text{Pr. Abs} = \text{Pr. Atm} + \text{Pr Hyd.}$$

En plongée, c'est la pression totale subie par le plongeur
Augmente avec la profondeur et diminue avec l'altitude

RAPPEL

2. Énoncez le Principe d'Archimède?

Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée

- verticale
- orientée de bas en haut
- égale au poids du volume de fluide déplacé.

RAPPEL

3. Expliquez en termes de Poids Réel, Poussée d'Archimède et Poids Apparent (Papp) l'avantage de nager avec ou sans un tuba?

Poids réel: (Pds réel)

Reste identique avec ou sans tuba (poids du tuba négligeable)

Poussée d'Archimède: (PA)

Augmente avec un tuba (la tête est entièrement immergée donc le volume immergé ↗)

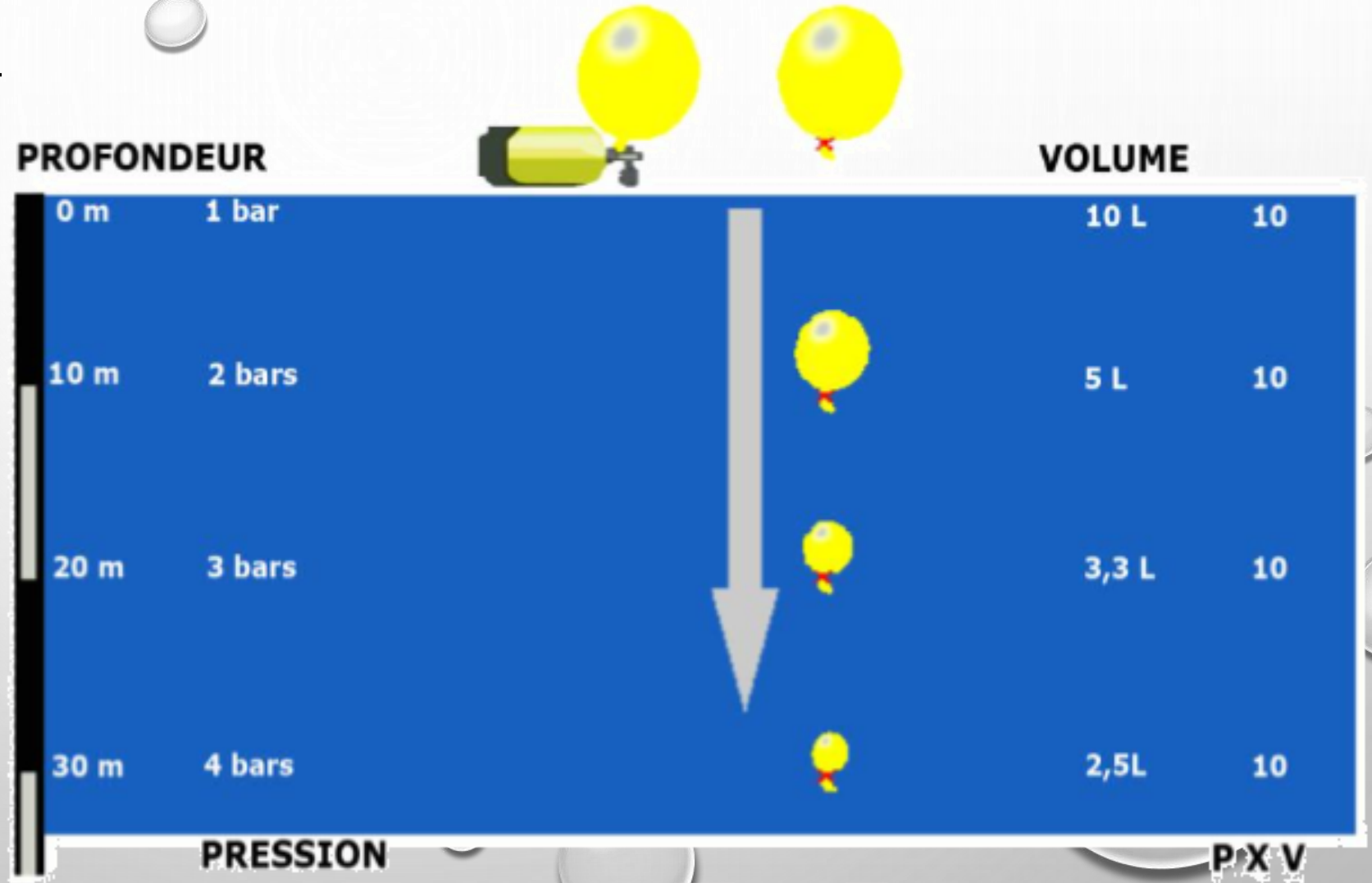
Augmente avec l'augmentation du volume immergé

Poids apparent (Pds App)

⇒ Plus faible avec le tuba (**$Pds\ App = Pds\ réel - PA$**)

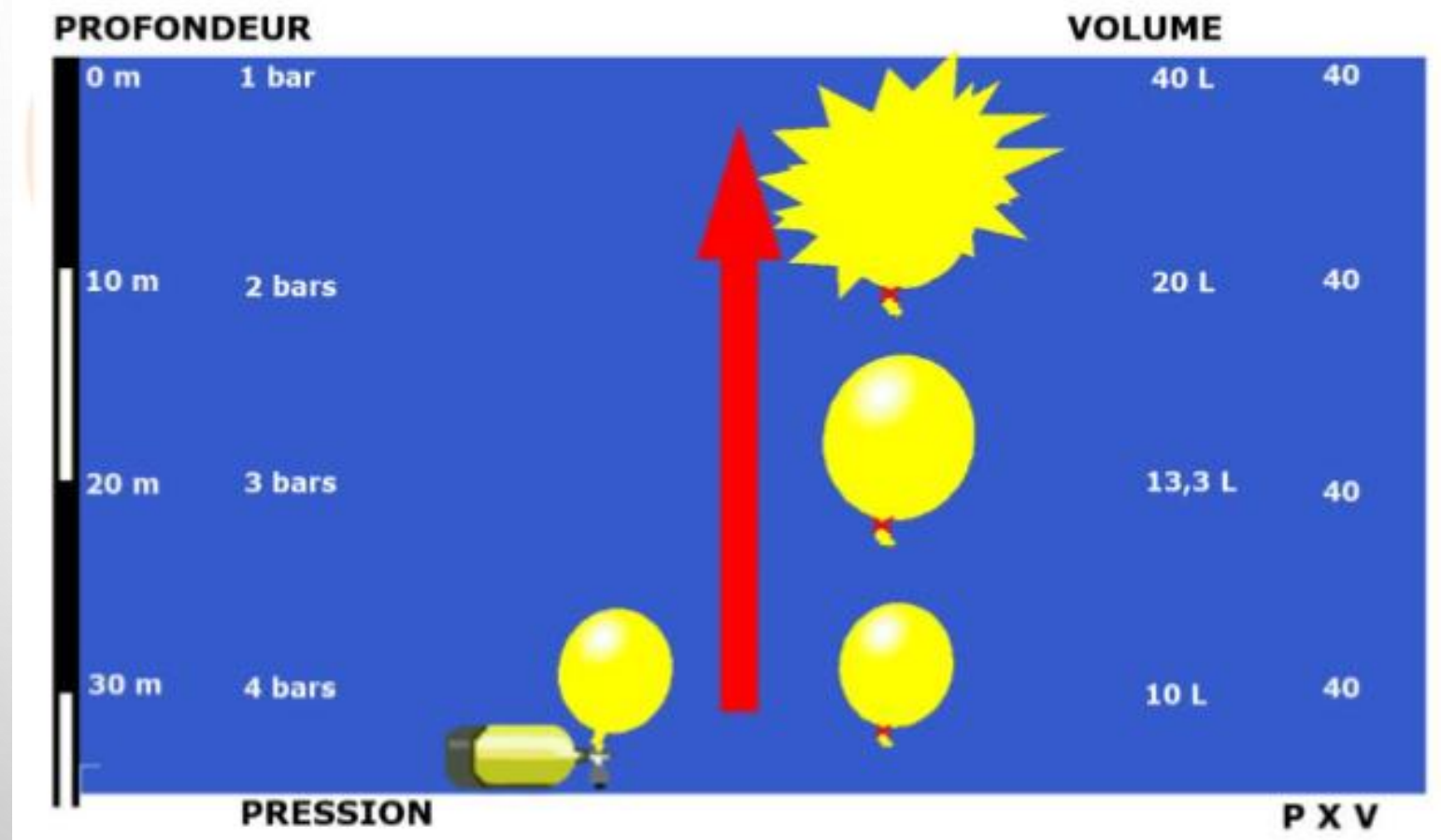
RAPPEL

4. Expliquez ce schéma:



RAPPEL

Expliquez ce schéma:



RAPPEL

5. Décrivez 5 applications du Principe d'Archimède en rapport avec la plongée?

- Gilet (volume augmente sans augmentation du poids réel)
- Lestage (poids réel augmente sans augmentation significative du volume)
- Poids de la bouteille (diminue au cours de la plongée sans diminution du volume)
- Combinaison (le volume diminue lors de la descente sans modification du poids réel)
- Canard (diminution brusque du volume immergé sans modification du poids réel)
- Tuba, poumon-ballast

RDV 21.30 h au bord de la piscine

Equipement PMTC (dans cet ordre là!)

On prépare un bloc et on le range COUCHE !



**(ne pas oublier
de gonfler le
gilet...)**

