

COURS THEORIQUES NIV 2

PHYSIQUE

PRELIMINAIRE

Le milieu aquatique n'est pas un milieu naturel pour l'homme.

Il nous faut donc connaître quelques lois et règles physiques afin de comprendre les phénomènes auxquels nous sommes exposés.

Tout ce que nous allons étudier a une application directe avec la Plongée.

SOMMAIRE

1-THEOREME D'ARCHIMEDE

2-LES PRESSIONS

3-LOI DE BOYLE ET MARIOTTE

4-COMPOSITION DE L'AIR

5-LOI DE DALTON

6-LOI DE HENRY

7-L'ACOUSTIQUE

8-L'OPTIQUE

THEOREME D'ARCHIMEDE

(Savant grec de l'antiquité 287-212 av J-C)

PRINCIPE:

Tout corps plongé dans un liquide reçoit de la part de celui-ci une poussée verticale , dirigée du bas vers le haut , égale au poids du volume de liquide déplacé.

CALCUL FLOTABILITE

Poids apparent (kg) = poids réel – poussée d'Archimède

Si

$P_{app} < 0$ l'objet flotte

$P_{app} = 0$ l'objet est en équilibre

$P_{app} > 0$ l'objet coule

Application à la plongée

- lestage
- levage (parachute)
- équilibrage
- etc.

THEOREME D'ARCHIMEDE

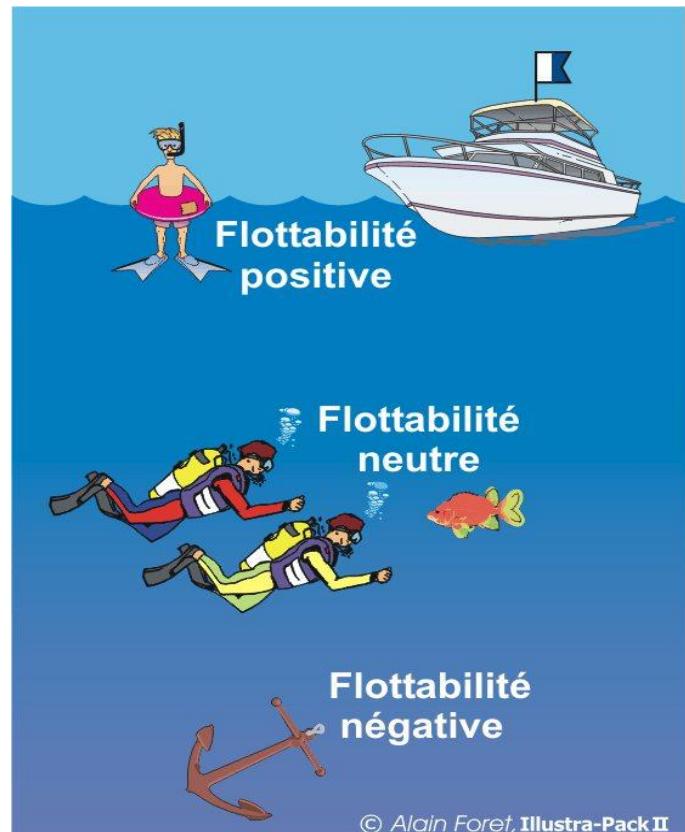
Exemple:

Un vase a un poids de 18 kg sur terre pour un volume de 14 dm3. Quel sera son poids apparent dans l'eau, sachant qu'un litre d'eau pèse 1 kilo? Coule-t-il ?

$$P_{app} = 18\text{kg} - 14\text{ kg}$$

$$\Rightarrow P_{app} = 4\text{kg}$$

Le vase coule



THEOREME D' ARCHIMEDE

REMARQUES

1 litre = 1 dm³

Densité :

- eau douce = 1
- eau mer = 1,025

Volume combinaison :

Mono pièce 4 mm \Rightarrow 4 à 5 litres

Mono pièce 6mm \Rightarrow 5 à 6 litres

Mono pièce 7 mm \Rightarrow 6 à 7 litres

THEOREME D'ARCHIMEDE

EXERCICES:

*Un plongeur pèse 70 kg équipé de sa combi et de son bloc pour un volume de 72 l , doit- il ajouter du lest pour être correctement équilibré ?
(1l eau = 1kg)*

⇒ *Poids app = 70 - 72*

⇒ *Poids app = - 2 kg*

⇒ ***Il faut ajouter 2kg de lest .***

THEOREME D'ARCHIMEDE

EXERCICES

1- Si un bloc vide de volume 15l (volume extérieure 18l) pèse 21 kg en surface , quel est son poids apparent en mer?

$$\text{Poids app} = 21 - (18 \times 1,025) \Rightarrow \text{Poids app} = 21 - 18,45$$

$\Rightarrow \text{Poids app} = 2,55 \text{ kg} \Rightarrow \text{le bloc se comporte comme un leste}$

2- Julie pèse 65 kg pour un volume de 70 l , sa combi comprise. Elle souhaite connaître le lestage nécessaire si elle prend le bloc de 15 l de l'exercice précédent?

$$\text{Poids app (Julie)} = 65 - (70 \times 1,025) \Rightarrow \text{Poids app (Julie)} = - 6,75 \text{ kg}$$

$$\text{Lest} = (2,55 \text{ kg bloc}) - (6,75 \text{ kg Julie}) = - 4,2 \text{ kg}$$

$\text{Lest} = 4,2 \text{ kg} \Rightarrow \text{Il faut 4 kg de plomb}$

LES PRESSIONS

Pour comprendre la notion de pression , il suffit d'essayer d'enfoncer une main à plat dans le sable , puis d'essayer de l'enfoncer en prenant appui sur l'extrémité des doigts. La force exercée est la même . Pourtant , dans le premier cas , la main ne s'enfonce pas , alors que dans le deuxième elle pénètre facilement dans le sable.

Ceci est dû à la différence de pression , suivant la surface d'appui:

- dans le premier cas , la surface est importante , et la pression est faible,*
- dans le deuxième cas , la surface est faible et la pression importante.*

REGLES:

$$P = F/S$$

$$1 \text{ BAR} = 1\text{kg/cm}^2$$

-P : pression ,exprimée en bar

-F : force , exprimée en kg

-S : surface , exprimée en cm²

LES PRESSIONS

-Pression Atmosphérique

C'est le poids de l'air qui entoure la terre

- ☞ La pression atmosphérique au niveau de la mer est égal à 1 bar.(760 mmHg)

-Pression Hydrostatique ou relative

C'est la pression exercée par l'eau.

- ☞ Tous les 10 m, la pression augmente de 1 Bar

LES PRESSIONS

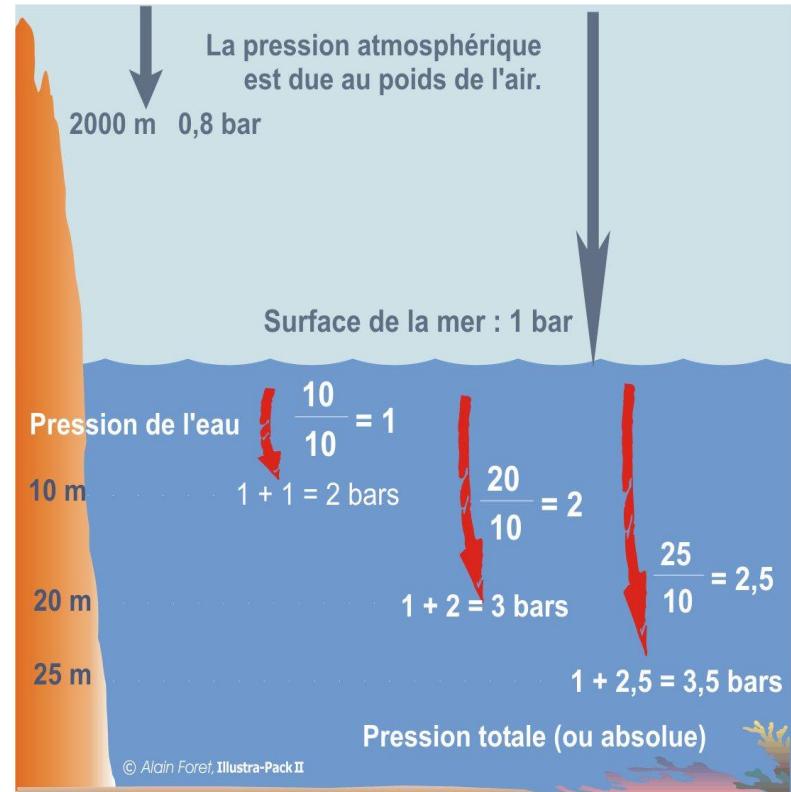
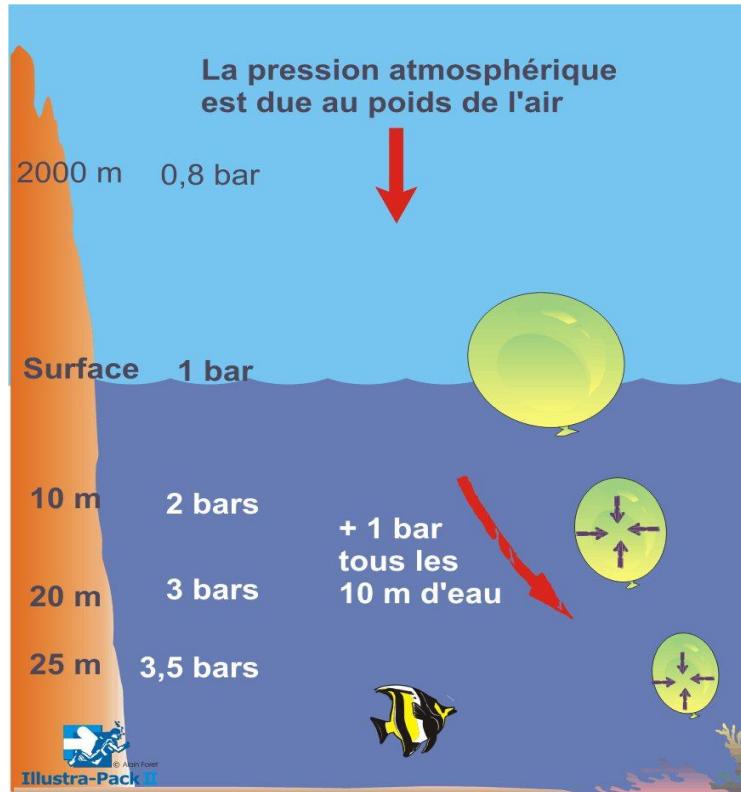
-Pression Absolue

- La Pression absolue est égale à la pression atmosphérique + Pression Hydrostatique (ou relative)

$$\text{☞ } P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{hydro}}$$

LES PRESSIONS

10 mètre d'eau \Rightarrow 1bar



LES PRESSIONS

-Exemples :

Pa à 0 m ⇒ 1 bar

Pa à 10 m ⇒ 2 bar

Pa à 12m ⇒ 2,2 bar

Pa à 20m ⇒ 3 bar

Pa à 30m ⇒ 4 bar

-Remarques :

Il est important de remarquer l'augmentation de Pa en fonction de la profondeur, Les variations sont plus rapides dans les premiers mètres .Entre 0 et 10m , nous constatons que la pression est multipliée par deux.

Applications à la plongée:

-douleur aux oreilles

-diminution de l'épaisseur de la combi

-etc.

LOI DE BOYLE ET MARIOTTE

(MARIOTTE physicien français 1620-1684 , BOYLE physicien irlandais 1627-1691)

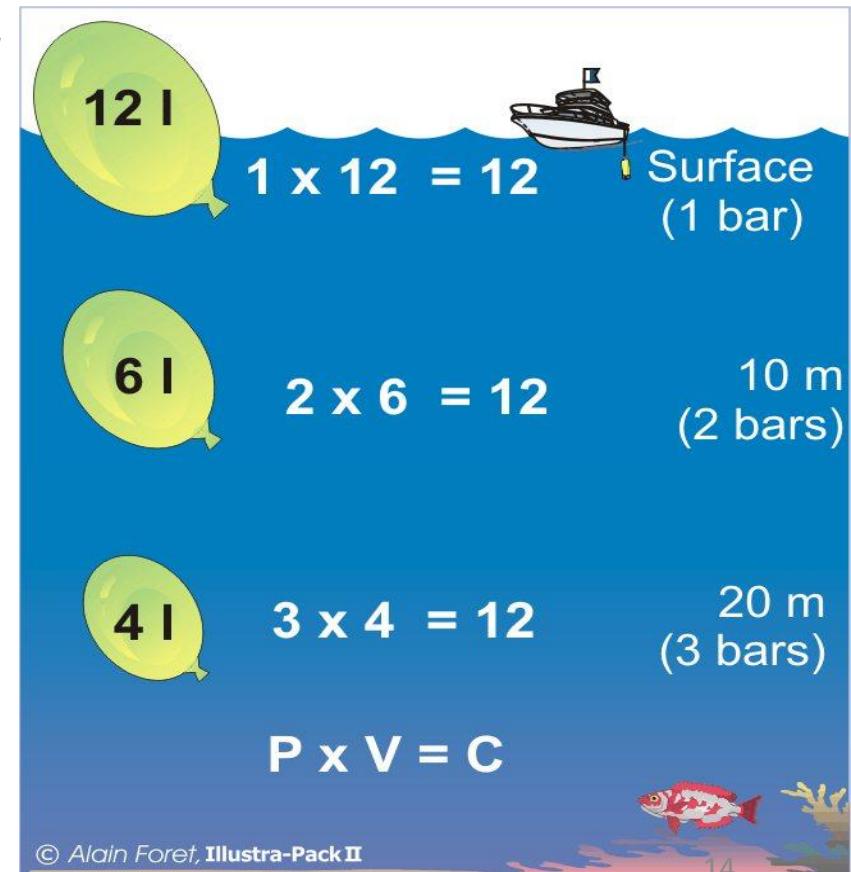
Dans la nature les corps se présentent sous 3 formes:

- solide
- liquide
- gazeuse

Les solides et les liquides sont pratiquement incompressibles . Par contre les gaz sont aisément compressibles.

DEFINITION:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \text{CONSTANTE}$$



LOI DE BOYLE ET MARIOTTE

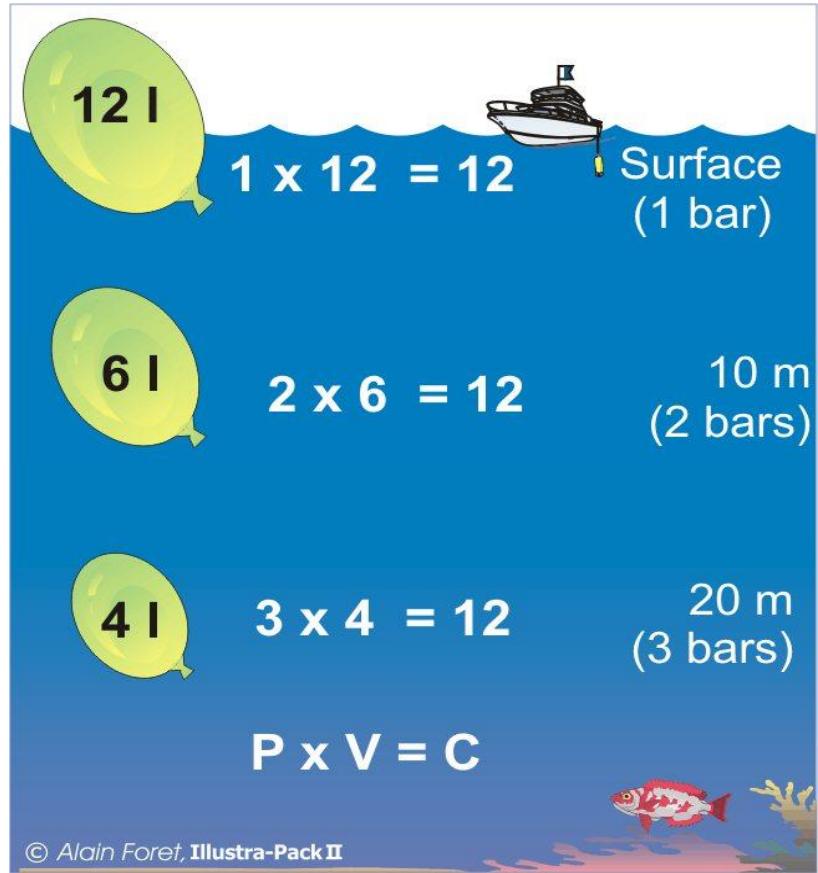
Remarques importantes

La pression est inversement proportionnelle au volume.

**quand la pression ↑, le volume ↓
et inversement
quand la pression ↓, le volume ↑**

Applications à la plongée :

- *Levage (parachute)*
- *Gonflage de bouteille*
- *Calcul consommation*
- *consommation*
- *Gestion gilet*
- *etc.*



© Alain Foret, Illustra-Pack II

LOI DE BOYLE ET MARIOTTE

EXEMPLE

Si une bouteille de 12 litres est gonflée à 200 bar, quel volume d'air contient – elle?

P X V

Calcul: $200 \text{ bar} \times 12 \text{ l} = \underline{2400 \text{ litres}}$

LOI DE BOYLE ET MARIOTTE

Exercices:

1) Combien d'air contient un bloc de 12 l gonflé à 180 bar?

$$P \times V = C \quad \Rightarrow 180 \times 12 = \underline{2160 \text{ l}}$$

2) Quelle est l'autonomie à 20 m d'un plongeur équipé d'un 12l gonflé à 180 bar et respirant 15 l par minute , (il souhaite conserver 50 b)?

Calcul de l'air disponible : $P \times V \Rightarrow (180 - 50) \times 12 \Rightarrow 130 \times 12 = \underline{1560 \text{ l}}$

Calcul du volume d'air respiré : $P \times V = C$

$$\Rightarrow 3 \text{ b} \times 15 \text{ L} = \underline{45 \text{ L}}$$

Calcul de l'autonomie : $1560 / 45 = 34,6 \Rightarrow \boxed{34 \text{ min}}$

LOI DE BOYLE ET MARIOTTE

Exercices:

Caroline , dont le volume respiratoire est de 20l/min en surface , descend sur un fond de 35 m avec un bloc de 15l pour une plongée , son manomètre indique 200 bar tout rond. De combien de temps dispose - t 'elle à cette profondeur avant d'arriver à 50 bar et devoir remonter?

Calcul de l'air disponible : $p \times V \Rightarrow (200 - 50) \times 15 \Rightarrow 150 \times 15 = \underline{2250 \text{ l}}$

Calcul du volume d'air respiré : $P \times V = C$

$$\Rightarrow 4,5 \times 20L = \underline{90L}$$

Calcul de l'autonomie : $2250 / 90 = 25 \Rightarrow \boxed{25 \text{ min}}$

Remarque : Si la profondeur était de 60 m nous aurions

$$2250 - 140 = 16 \text{ min}$$

LOI DE BOYLE ET MARIOTTE

Exercices:

Lors d'une plongée à 20 m , ARTHUR gonfle sa stab avec 5l d'air , il remonte jusqu'à 5 m , quel sera la quantité d'air dans sa stab , s'il ne purge pas ?

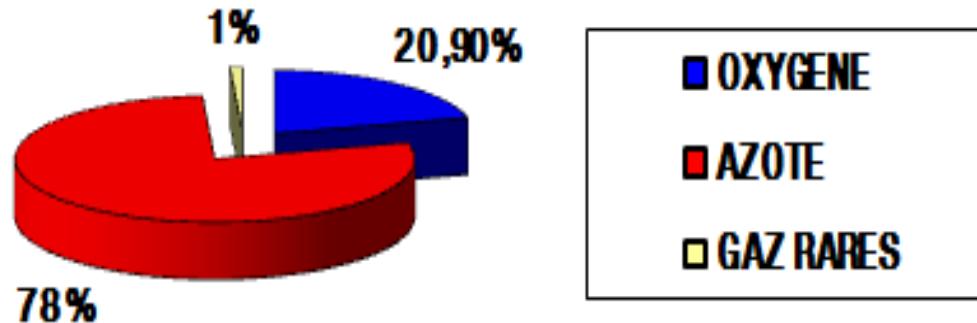
$$P1 \times V1 = P2 \times V2 \quad \Rightarrow \quad 3 \times 5 L = 1,5 \times V2$$

$$\Rightarrow \quad \frac{3 \times 5}{1,5} = V2$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{10 L}$$

COMPOSITION DE L'AIR

L'air que nous respirons est un mélange de plusieurs gaz , il est important de connaître sa composition.



(gaz rares: Néon , Crypton , Argon , gaz carbonique.....)

Afin de simplifier les calculs , nous retiendrons :

- Azote (N₂) 80%
- Oxygène (O₂) 20%

LOI DE DALTON

(physicien et chimiste anglais 1766-1844)

DEFINITION:

A température donnée , la pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions qu'auraient chacun des gaz s'il occupait seul le volume total.

$$P_a = P_p x + P_p y + P_p z + \text{etc.}$$

Exemple:

Pour l'air nous avons :

$$100 \text{ bar d'air} = 20 \text{ bar O}_2 + 80 \text{ bar N}_2$$

LOI DE DALTON

CALCUL DES PRESSIONS D'UN MELANGE GAZEUX

$$Pp = Pa \cdot x/100$$

ou

$$Pa = Pp \cdot 100/x$$

Exemple:

Calculer la $Pp O_2$ pour un bloc gonflé à 200 bar?

$$Pp O_2 = 200 \times \frac{20}{100} \Rightarrow 200 \times 0,2 \quad \Rightarrow 40 \text{ bar} = Pp O_2$$

Calculer la Pa pour un bloc gonflé à 200 bar ?

$$Pa = 40 \times \frac{100}{20} \Rightarrow 40 \times 5 \quad \Rightarrow 200 \text{ bar} = Pa$$

LOI DE DALTON

Exercice:

Si MICHEL plonge à 40 m et respire de l'air comprimé ,quelle sera les Pp de O2 et de N2?

Calcul Pa \Rightarrow **4 bar + 1 bar = 5 bar**

Calcul Pp O2 \Rightarrow **$PpO_2 = Pa \cdot X/100 \Rightarrow 5 \times (20/100) \Rightarrow 5 \times 0,2 = 1 \text{ bar}$**

$Pp O_2 = 1 \text{ bar}$

Calcul Pp N2 \Rightarrow **$PpN_2 = Pa \cdot X/100 \Rightarrow 5 \times (80/100) \Rightarrow 5 \times 0,8 = 4 \text{ bar}$**

$Pp N_2 = 4 \text{ bar}$

LOI DE DALTON

Exercice:

Quelles sont les pressions partielles d'oxygène et d'azote respirées par CORENTIN à 30 m et à 45 m si il plonge à l'air ?

A 30 m :

$$Pp O_2 = 4 \times 0,2 = \boxed{0,8 \text{ bar}}$$

$$Pp N_2 = 4 \times 0,8 = \boxed{3,2 \text{ bar}}$$

A 45 m :

$$Pp O_2 = 5,5 \times 0,2 = \boxed{1,1 \text{ bar}}$$

$$Pp N_2 = 5,5 \times 0,8 = \boxed{4,4 \text{ bar}}$$

LOI DE DALTON

Applications à la plongée:

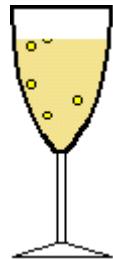
- Détermination des tables de décompressions*
- Accidents biochimiques (narcose , hyperoxie....)*

LOI DE HENRY

(physicien anglais 1775-1836)

DEMONSTRATION:

Quand vous ouvrez une bouteille de boisson gazeuse, il y a un dégagement de bulles qui prouve la présence de gaz dans la boisson. Ce gaz est à une pression supérieure à la pression du même gaz dans le milieu ambiant. Les gaz sont donc solubles dans les liquides en fonction de leur coefficient de solubilité dans le liquide.



LOI DE HENRY

DEFINITION:

À température constante et à saturation, la quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle qu'exerce ce gaz sur le liquide.

Pression = pression exercée sur le gaz (unité : bar)

Tension = pression du gaz dissout dans le liquide (unité : bar)

LOI DE HENRY

SATURATION:

La pression au dessus du liquide augmentant, le gaz commence à se dissoudre dans le liquide

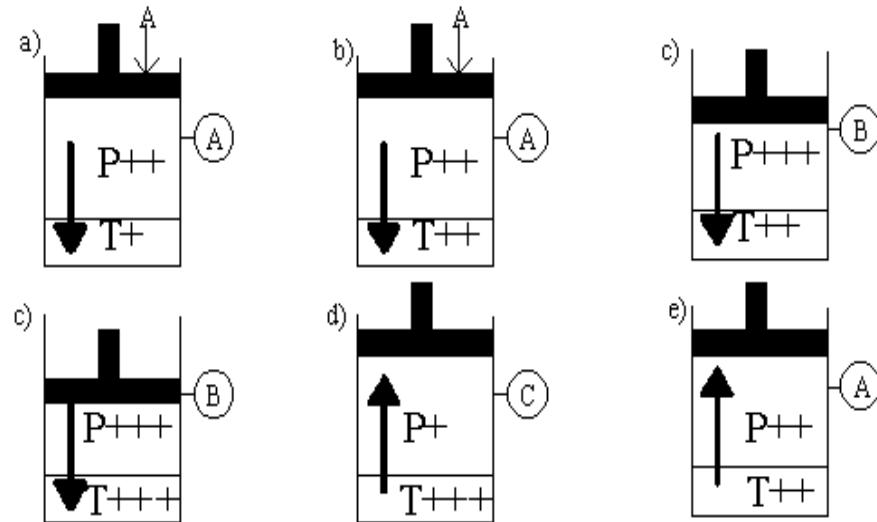
$$T < P$$

Au bout d'un certain temps, la quantité de gaz dissous dans le liquide atteint sa valeur d'équilibre

$$T = P$$

On relâche légèrement la pression exercée sur le couvercle. La quantité de gaz dissous dans le liquide est libérée progressivement sous forme de petites bulles

$$T > P$$



Sous saturation = $T < P$

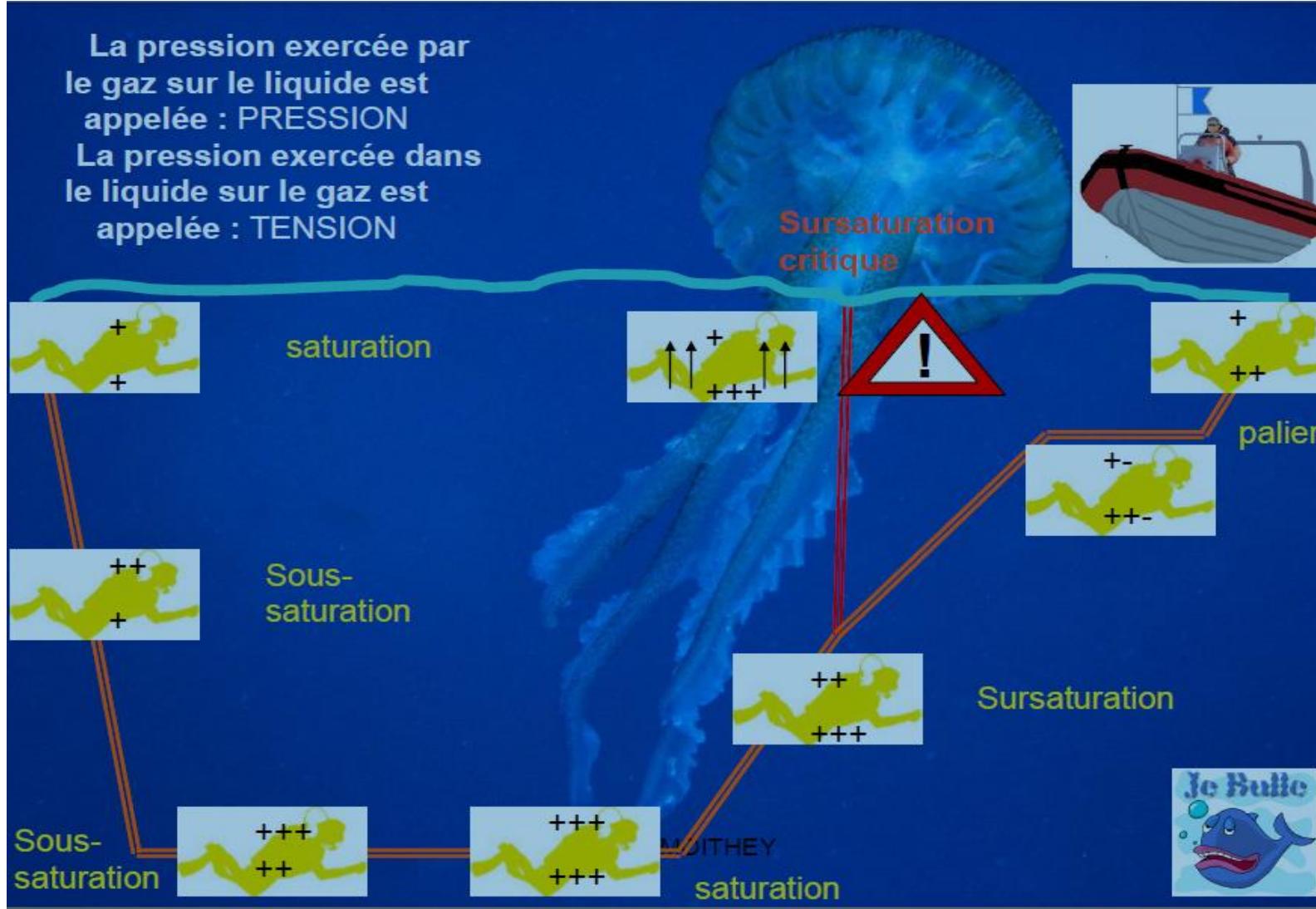
Saturation = $T = P$

Sursaturation = $T > P$

LOI DE HENRY

La pression exercée par le gaz sur le liquide est appelée : PRESSION

La pression exercée dans le liquide sur le gaz est appelée : TENSION



LOI DE HENRY

Application à la plongée:

- *Accidents de décompression*

- *Détermination des tables de décompression*

L'ACOUSTIQUE

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 330 m/s.

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

L'eau est un meilleur conducteur du son.(4,5x plus que l'air)

L'ACOUSTIQUE

Conséquences

En plongée , le silence est habituel . Il faut donc prêter attention au moindre bruit car il a forcément une signification.

- Appel d'un camarade (cris dans l'embout, coup frappés sur la bouteille...)*
- Détendeur fusant (givre ou panne)*
- Approche d'un bateau*
- Pétards ou signal de rappel.*
- Etc.*

Remarques importantes

Le son en lui-même peut présenter un danger pour le plongeur si l'onde est trop importante.

Attention aux pétards de rappel.

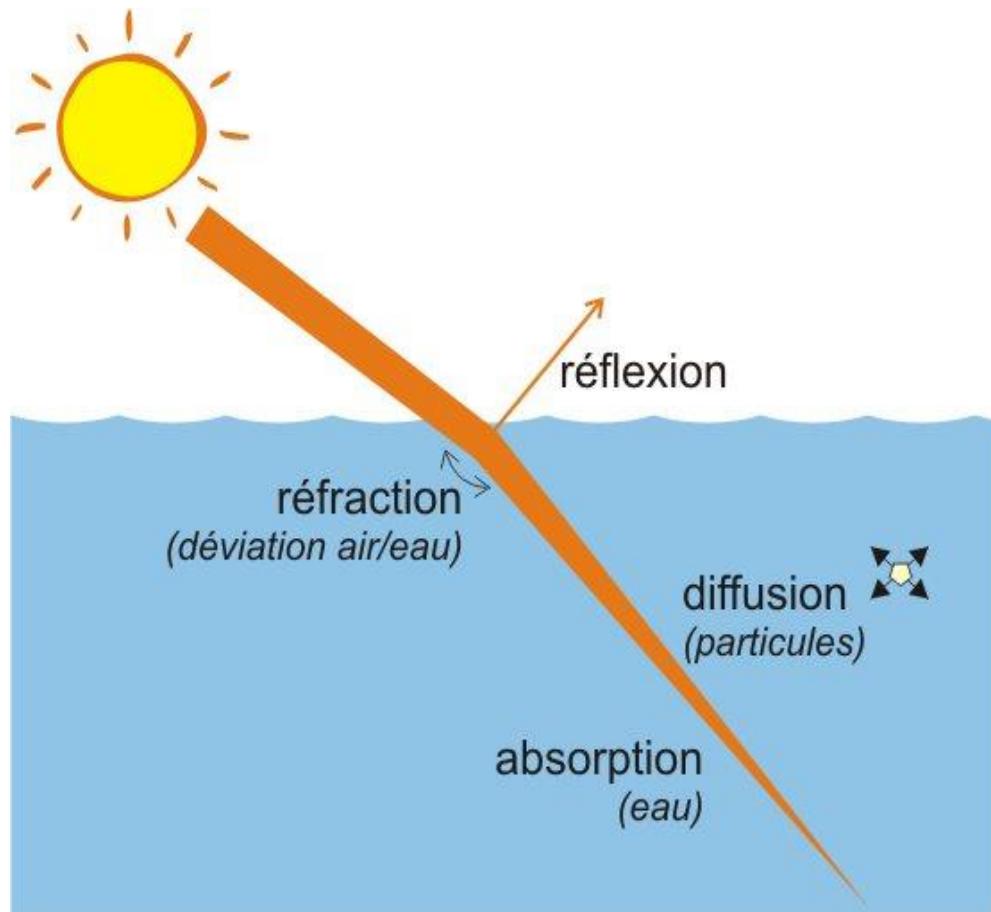
L'OPTIQUE

Lors des plongées , il est facile de vérifier les faits suivants:

- sans masque l'eau est floue*
- avec le masque , les objets nous semblent plus gros et plus proche*
- plus l'on descend profond, plus les couleurs s'estompent*

Ceci est dû au fait qu'au contact de l'eau, la lumière va subir des transformations

L'OPTIQUE

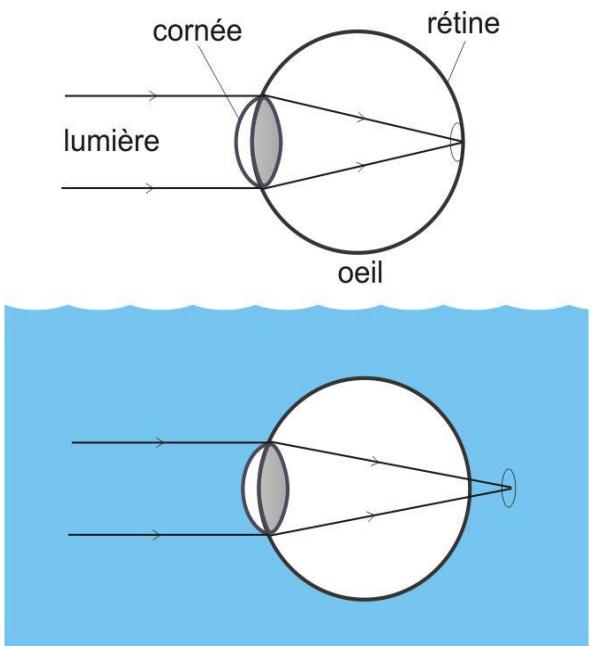


L'OPTIQUE

REFRACTION

Ce phénomène nous explique aussi pourquoi la vision dans l'eau sans masque est floue . La réfraction diminue la convergence et pour le cerveau l'image se forme en arrière de la rétine .Il nous faut donc un masque pour créer un espace d'air au contact de nos yeux.

*Cependant , le masque présente trois inconvénient:
Il diminue le champ de vision , il grossit les objets et il les rapproche.*



Grossit (taille apparente= taille réelle \times 4/3)

Rapproche (distance apparente=distance réelle \times 3/4)

Diminution du champ de vision

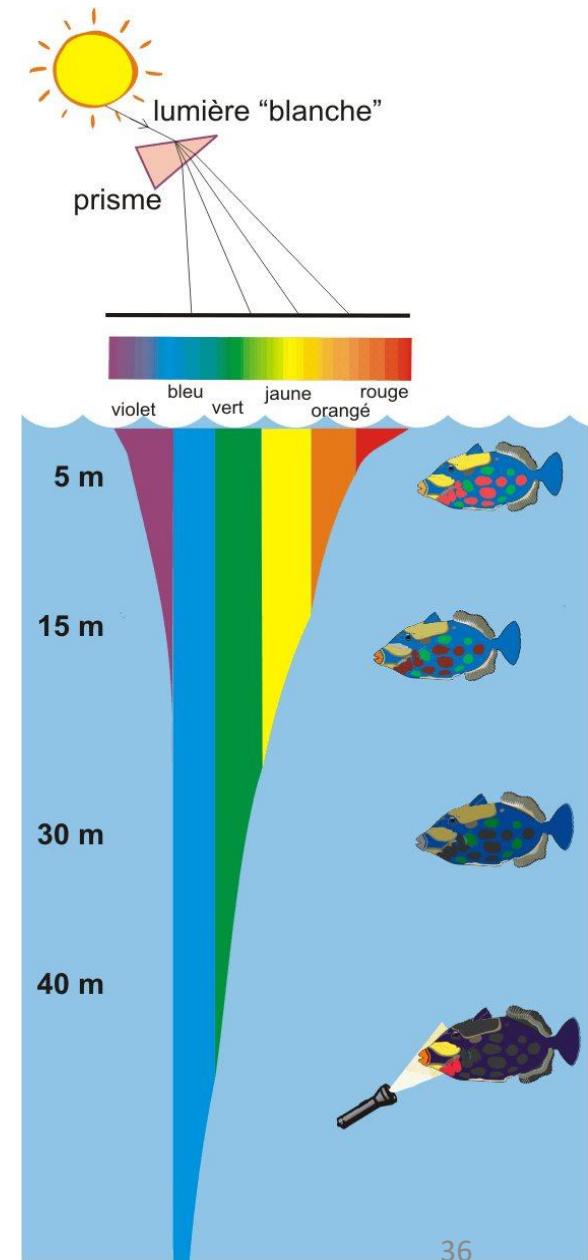
L'OPTIQUE

ABSORPTION

*L'intensité lumineuse n'est plus que le quart à 5m ,
le huitième à 15m , le trentième à 40m.*

*Les cellules de l'œil qui enregistrent les couleurs
n'étant sensibles qu'à des intensités lumineuses
importantes, ceci explique que dans une demi-
obscurité,*

Nous ne distinguons plus les couleurs.



L'OPTIQUE

La visibilité dans l'eau dépend:

- de la quantité de lumière qui franchit la surface***
- de la profondeur***
- de la transparence de l'eau***

Applications à la plongée:

*Equipez vous d'un phare dès que possible en plongée ,
il est indispensable pour redonner de la couleur à la faune et à la flore.*



BONNE PLONGEE
БОННЕ ПЛОНГЕЕ