

# Lois physiques en Plongée

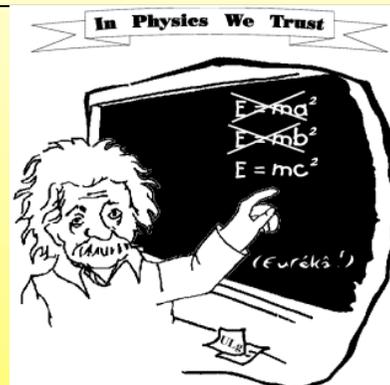
Niveau 2  
Trollsports Plongée

Xavier Dinot

Xavier Vincent

# Plan du cours

- ⊕ Pression, Air, compression et dissolution des gaz
- ⊕ Archimede , Henry , Mariotte
- ⊕ Flottabilité et lestage
- ⊕ Vision
- ⊕ acoustique



P  
A  
T  
M

## Pression Atmosphérique et Hydrostatique

Pression c'est une Force sur une surface

Exprimée en Bar

- ⊕ Sur terre l'homme subit la pression atmosphérique (poids de la colonne d'air s'exerçant sur 1 cm<sup>2</sup> de surface Patm)
- ⊕ En immersion, le poids de la colonne d'eau vient s'ajouter (poids de la colonne d'eau s'exerçant sur 1 cm<sup>2</sup> de surface PHydro)
- ⊕ La pression total que le plongeur reçoit de son environnement est la somme des deux pressions : c'est la **pression absolue Pabs**
- ⊕  $P_{abs} = P_{atm} + P_{hydro}$

P  
H  
Y  
D  
R  
O

## Pression atmosphérique

- ⊕ Unité légale l'hectopascal. Au niveau de la mer 1013hpa = 1013mbar = ... on arrondit à 1bar **unité utilisée par les plongeurs**
- ⊕ Elle est due au poids de l'air... Elle diminue quand l'altitude augmente
- ⊕ Pour les calculs d'examen on admet que la diminution est de 0,1bar tous les 1000m
- ⊕ Ex : 3000m Patm=0,7bar

## Pression hydrostatique

- ⊕ Due au poids de la colonne d'eau
- ⊕  $P_{hydro}(bar) = Prof(m)/10$
- ⊕ A 40m PHydro = 4 bars

2000 m

0.8 b

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{Hydro}$$

surface

1 b

Pression  
Atmosphérique

- 10 m

1 b

Pression  
Hydrostatique

Pression  
Absolue  
=  
2 Bar

-20 m

2 b

Pression  
Hydrostatique

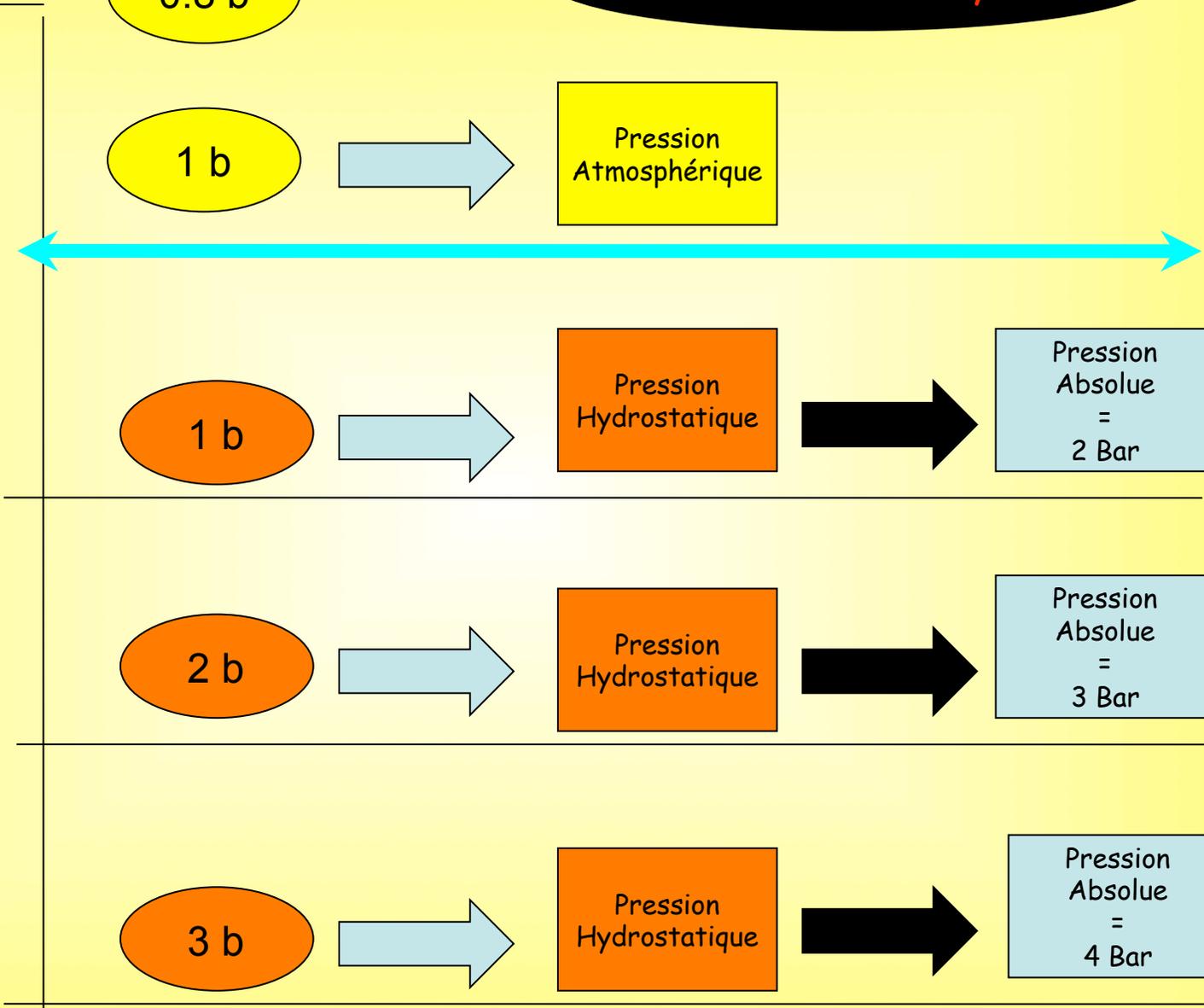
Pression  
Absolue  
=  
3 Bar

- 30 m

3 b

Pression  
Hydrostatique

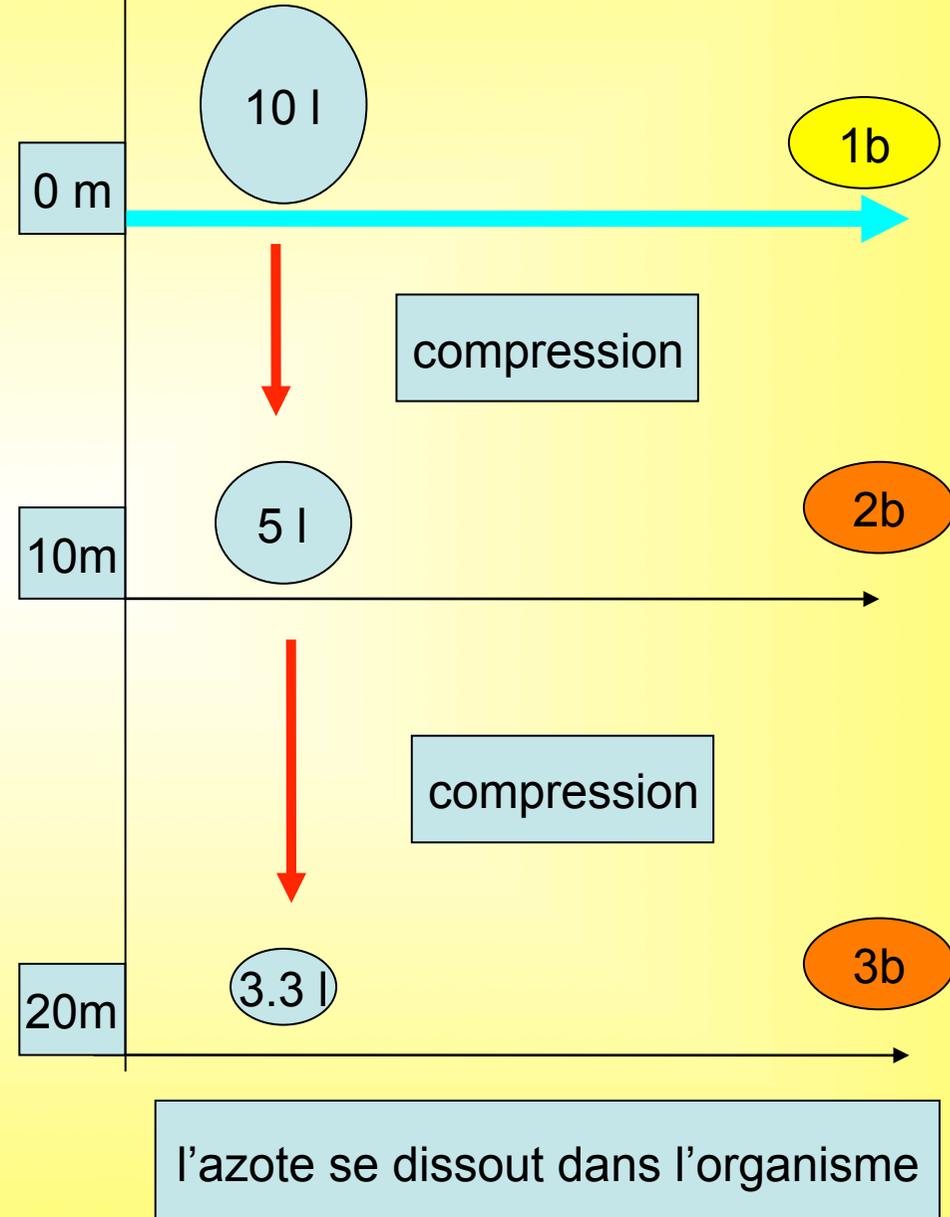
Pression  
Absolue  
=  
4 Bar

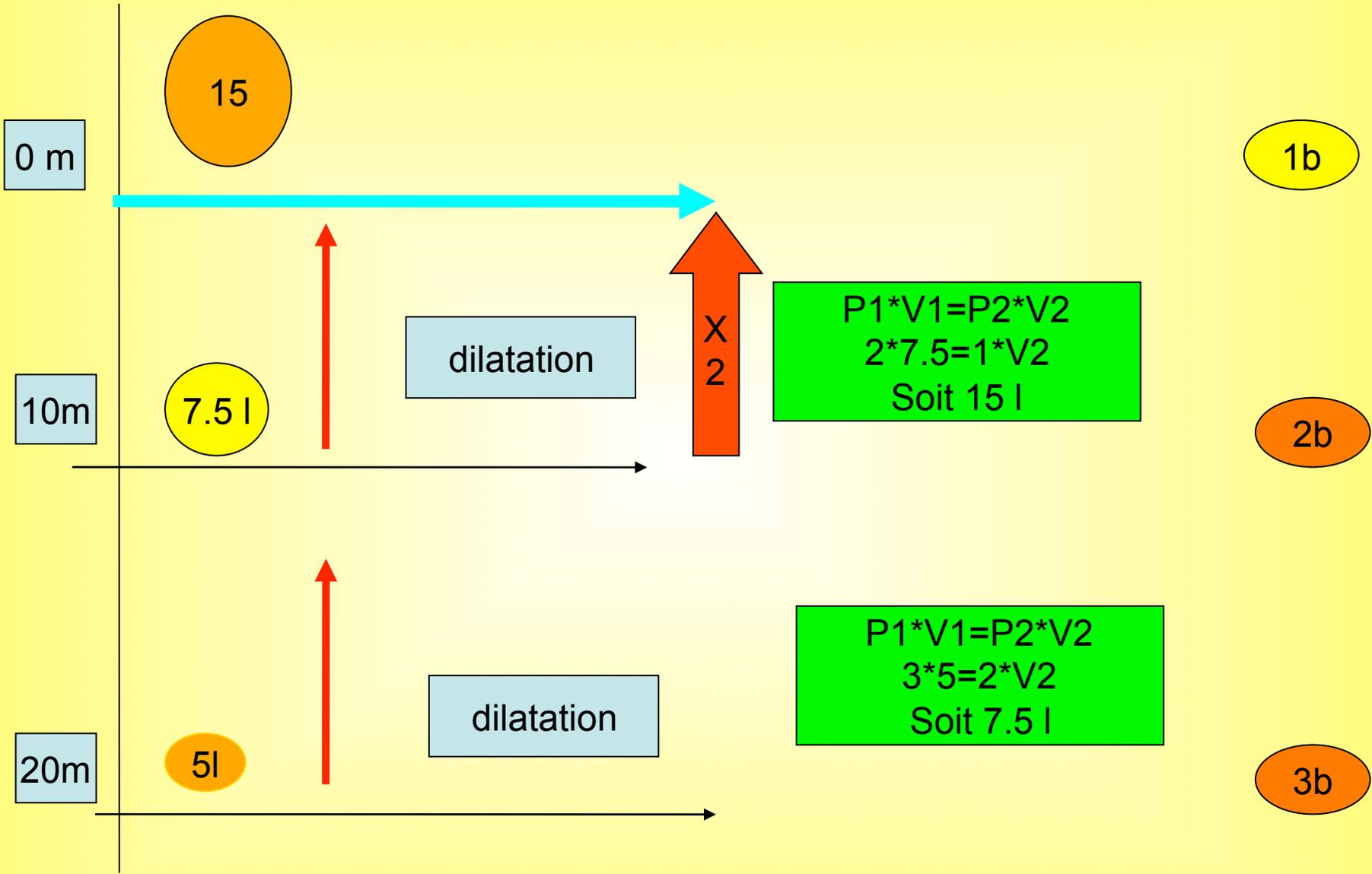


## Composition de l'air

- ⊕ Attention ce n'est pas de l'Oxygène pur
- ⊕ L'air de nos bouteilles se compose de :
- ⊕ 20 % d'oxygène
- ⊕ 80 % d'azote
- ⊕ Possibilité de compresser ce mélange gazeux
- ⊕ Ex : différence entre un ballon rempli de 3000 l d'air et une bouteille de plongée de 15 l gonflé à 200 b
- ⊕ L'azote est un Gaz qui n'est pas utilisé par notre organisme

Loi de Mariotte 1620 - 1684  
 $P \text{ (pression)} * V \text{ (volume)} = \text{Constante}$   
 $P1 * V1 = P2 * V2$





Lorsque la Pression Augmente le Volume diminue  
Lorsque la pression diminue le volume augmente

$$P (\text{pression}) * V(\text{volume}) = \text{Constante}$$
$$P1 * V1 = P2 * V2$$

### Exemples

⊕ Je plonge avec une bouteille de Soda vide de volume 1.5 l à 20 m. Quel est son volume à cette profondeur ?

⊕  $P_{abs} = P_{atm} + P_{hydro}$

⊕ Pression = 1 + 2 = 3 bar

⊕  $P1 * V1 = P2 * V2$

⊕  $1 * 1.5 \text{ l} = 3 * V2$

⊕  $1.5 / 3 = 0.5 \text{ l}$  La Bouteille se déforme

⊕ A 10 m je mets 6 litre d'air dans un parachute de 10 l, quel est le volume d'air en surface ?

⊕  $P1 * V1 = P2 * V2$

⊕  $2 * 6 = 1 * V2$

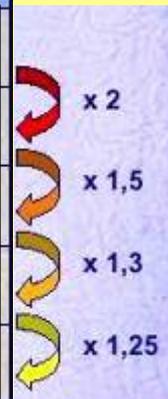
⊕  $6 * 2 = 12 \text{ l}$  ?????? Attention le volume du parachute est de 10 l

Le volume d'une bouteille de plongée étant le même durant la durée de la plongée (15 l) on comprend que notre **autonomie en air et liée à la pression du milieu**

### Calcul d'autonomie

- ⊕ Quel est le volume d'air contenu dans une bouteille de 15 l gonflée à 200 b ?
- ⊕  $15 \text{ l} * 200 = 3000 \text{ litres d'air}$   
**(IMPORTANT 50 bars au palier sur un 15 l = 750 l d'air)**
- ⊕ Autonomie de la bouteille en surface avec une respiration de 20 l/minutes ?
- ⊕  $3000/20 = 150 \text{ minutes}$  soit **2.30 h**
- ⊕ Autonomie à 20 m ?
- ⊕ 3000 l d'air à 3 bar de pression absolue soit  $3000/20/3 = 50 \text{ minutes}$
- ⊕ Autonomie à 40 m avec une réserve de 50 b
- Calcul de la réserve  $P1*V1=P2*V2$   $5*50 = 1*V2$  soit 750 l donc on doit garder **750 litres d'air**
- 2750 l d'air à 5 bar de pression absolue soit  $2250/20/5 = 22 \text{ minutes}$

Profondeur (mètres)	P atmosphérique	P relative	P absolue
0			
10			
20			
30			
40			



**Entre la surface et une profondeur de 10 mètres :  
la pression double**

### Application à la plongée

- ⊕ Prévention des accidents barotraumatiques ou mécaniques, qui sont directement liés aux variations de pressions.
- ⊕ L'air du gilet qu'il faut purger pendant la remontée.

# Dissolution des Gaz

Lorsqu'un gaz est mis en contact avec un liquide, une partie de ce gaz se **dissout** dans le liquide.



Différents facteurs influencent le degré de cette dissolution, en particulier la **Pression** et le **Temps**.



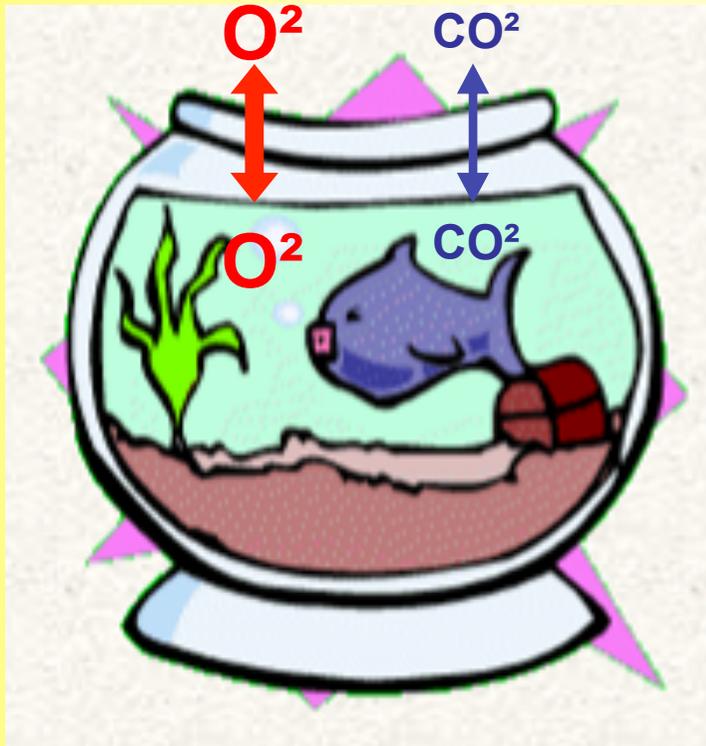
Le corps humain étant composé à **70 % d'eau** il s'effectue des échanges entre les mélanges gazeux contenu dans les poumons et les tissus humains.



Le plongeur par la pression qu'il subit en immersion est directement affecté.

# Exemple

## Poisson dans un bocal



L'eau du bocal contient de l'Oxygène  $O^2$  dissous que le poisson absorbe et transforme en Gaz Carbonique  $CO^2$

On pose une assiette sur le bocal pour empêcher le poisson de sauter ou empêcher le chat de l'attraper

L'Oxygène ne se renouvellera pas et il n'y aura plus de problème avec votre poisson ( Couic ! )

L'échange gazeux avec le liquide se fait dans les 2 sens jusqu'à obtention d'un équilibre entre les deux corps.

# Dissolution des Gaz

Loi de William Henry (1774 - 1836)

Physicien et chimiste anglais. En 1803, il énonce la loi sur la dissolution des gaz dans les liquides

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

**SATURATION**

Pression = Tension



**SOUS-SATURATION** Pression > Tension



**SURSATURATION** Pression < Tension



# Facteurs influents

De nombreux facteurs influent sur la quantité de gaz absorbé par un liquide :



## LA PRESSION

Le plongeur immergé en profondeur



## LA DUREE

La dissolution n'est pas immédiate, agit donc sur le temps de plongée



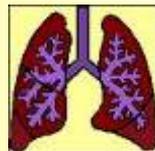
## L'AGITATION DU GAZ ET LIQUIDE

Effort important en plongée augmente la dissolution des gaz



## LA TEMPERATURE

La dissolution des gaz augmente quand la température diminue



## LA SURFACE DE CONTACT

Les poumons du plongeurs



## LA SOLUBILITE DU GAZ

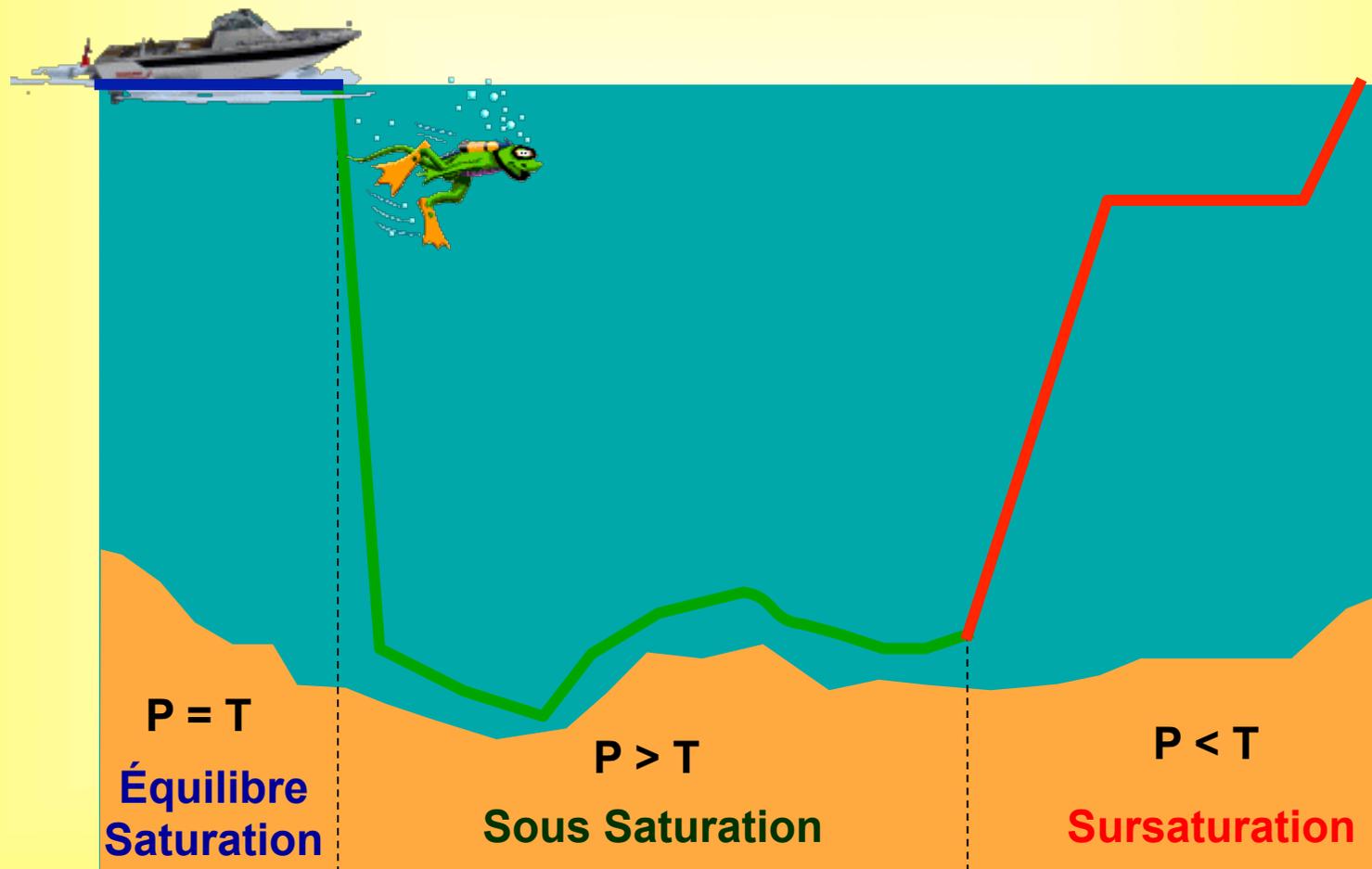
En plongée, Azote se dissout de manière importante



## LA NATURE DU LIQUIDE

Dissolution de l'azote est différent suivant le tissu organique : muscle, graisse, os, ...

En plongée la valeur de dissolution de l'azote est déterminée en fonction de la variation de pression et du temps d'exposition dans l'organisme.



## Flottabilité et lestage

- Principe d'Archimède (287 - 212 av.JC)
- Physicien et mathématicien né à Syracuse en Sicile. Il est connu des plongeurs pour avoir posé les bases du calcul de la flottabilité grâce à son principe décrit ci dessous. C'était un génie, il a inventé le palan, le levier, les engrenages
- ⊕ Tout corps plongé dans un liquide (ou un gaz) reçoit une poussée, qui s'exerce de bas en haut, et qui est égale au poids du volume de liquide déplacé.
- ⊕ **Poids apparent = Poids réel - Poussée d'Archimède**
- ⊕ Si  $P \text{ réel} > P \text{ Archi}$  : le  $P \text{ app}$  est supérieur à 0 donc positif :  
**La flottabilité est négative : L'OBJET COULE.**
- ⊕ Si  $P \text{ réel} = P \text{ Archi}$  : le  $P \text{ app}$  est égale à 0 donc nul :  
**La flottabilité est nulle : L'OBJET EST EN EQUILIBRE.**
- ⊕ Si  $P \text{ réel} < P \text{ Archi}$  : le  $P \text{ app}$  est inférieur à 0 donc négatif : **La flottabilité est positive : L'OBJET FLOTTE**

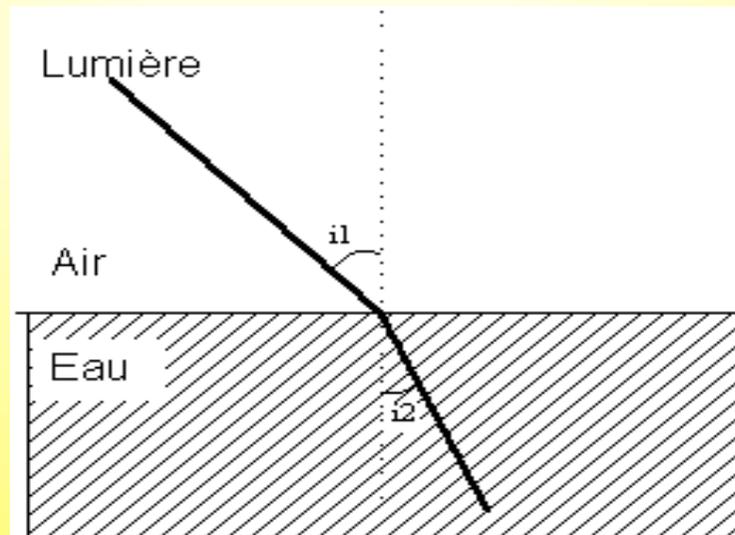


# Vision

La vision sous marine subit des modifications liées à la différence d'indice de **réfraction** entre l'air contenu dans le masque et l'eau, ainsi que par l'**absorption** sélective de la lumière et la **diffusion** due aux particules de l'eau

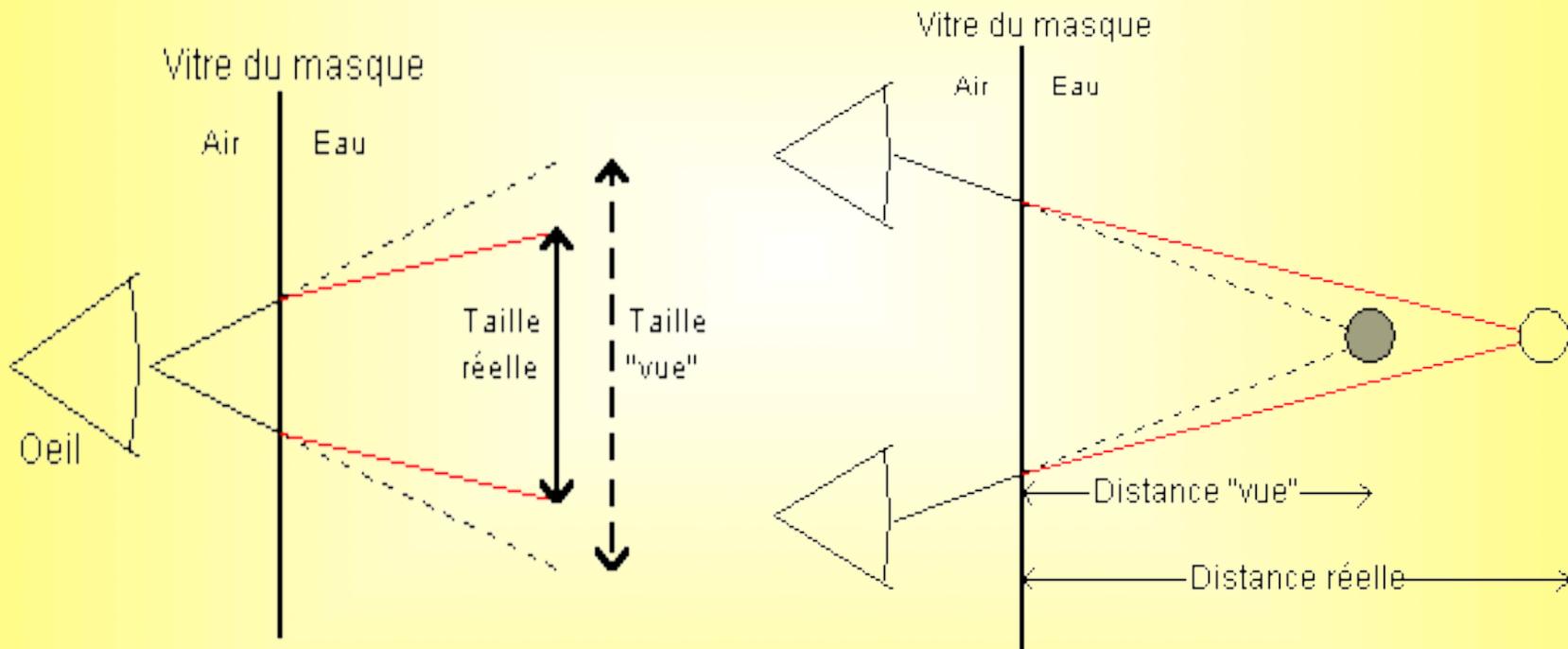
## La réfraction

Lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre la lumière forme un angle. Ce phénomène est appelé "Réfraction".



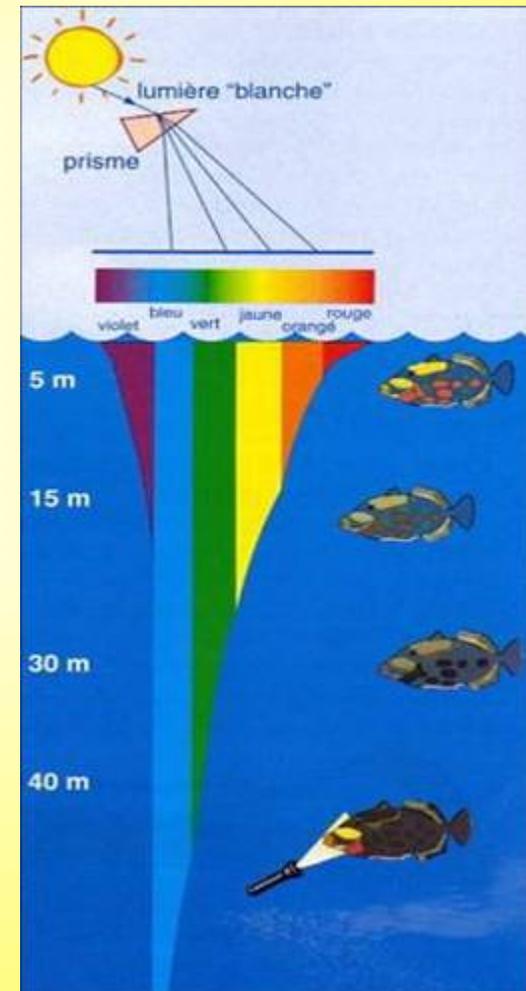
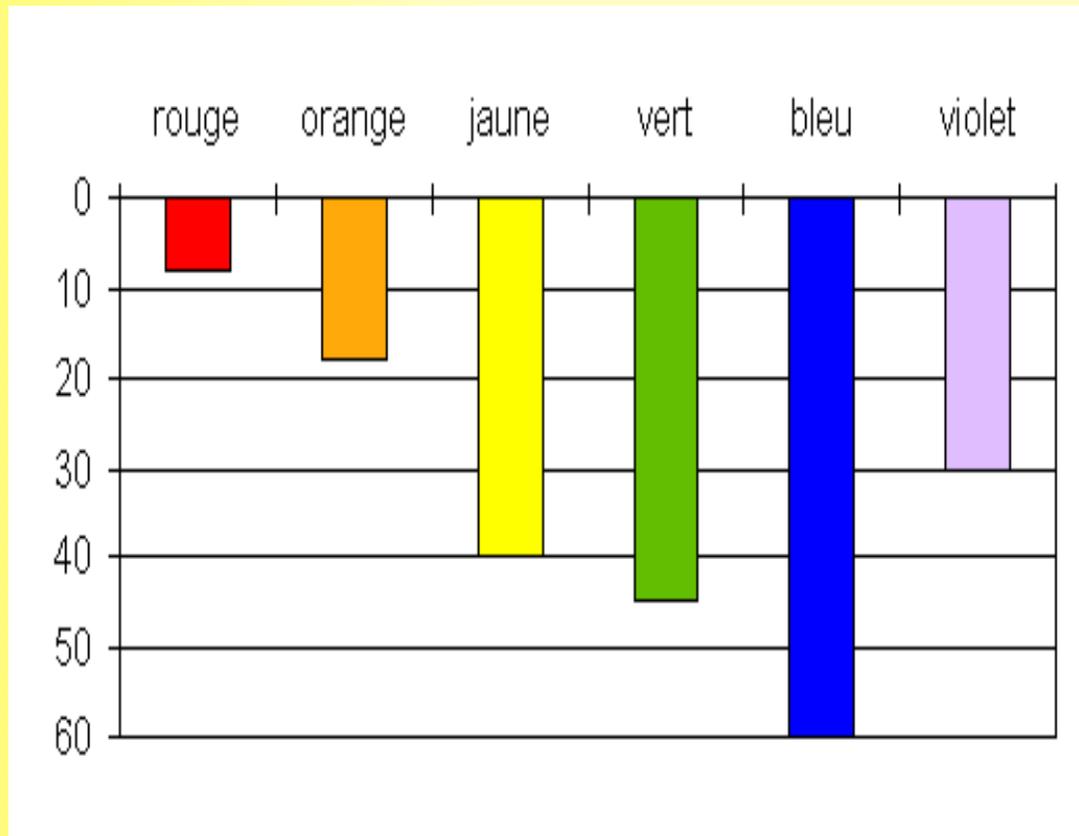
Il y a donc grossissement (d'un facteur  $\frac{4}{3}$  )

Les objets paraissent rapproché (facteur  $\frac{3}{4}$  )



## L'Absorption

Ce phénomène est due à l'eau. L'intensité lumineuse diminue et les couleurs disparaissent au fur et à mesure de la profondeur.



## La diffusion

Ce phénomène est due aux particules en suspension dans l'eau, ces particules absorbent la lumière et dévient les rayons lumineux.

On appelle cela la **Turbidité** de l'eau.



# acoustique

La vitesse de propagation d'un son dépend de la densité du milieu :

- Dans l'**air** environ **330 m/s**
- Dans l'**eau** environ **1500 m/s**
- Dans l'eau 4.5 fois plus rapide que dans l'air

Conséquences :

- La localisation des sons dans l'eau impossible.
- Tour d'horizon

**MERCI DE  
VOTRE  
ATTENTION**