



**ECOLE D'APPLICATION DE
SECURITE CIVILE**

Version 2020



Physique appliquée à la plongée Niveau Préformation

Plongée

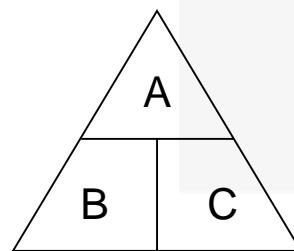


Plan du cours

- Notions de calcul
- Unités
- Flottabilité
- Compressibilité
- Acoustique
- Optique
- Pression partielle
- Dissolution
- Modèle de Haldane

Notions de calcul

- $A + B = C$ A ?
 $\Leftrightarrow A + B - B = C - B \Leftrightarrow A = C - B$
- $A \times B = C$ A ?
 $\Leftrightarrow A \times B / B = C / B \Leftrightarrow A = C / B$
- $A / B = C$ A ?
 $\Leftrightarrow (A / B) \times B = C \times B \Leftrightarrow A = C \times B = B \times C$

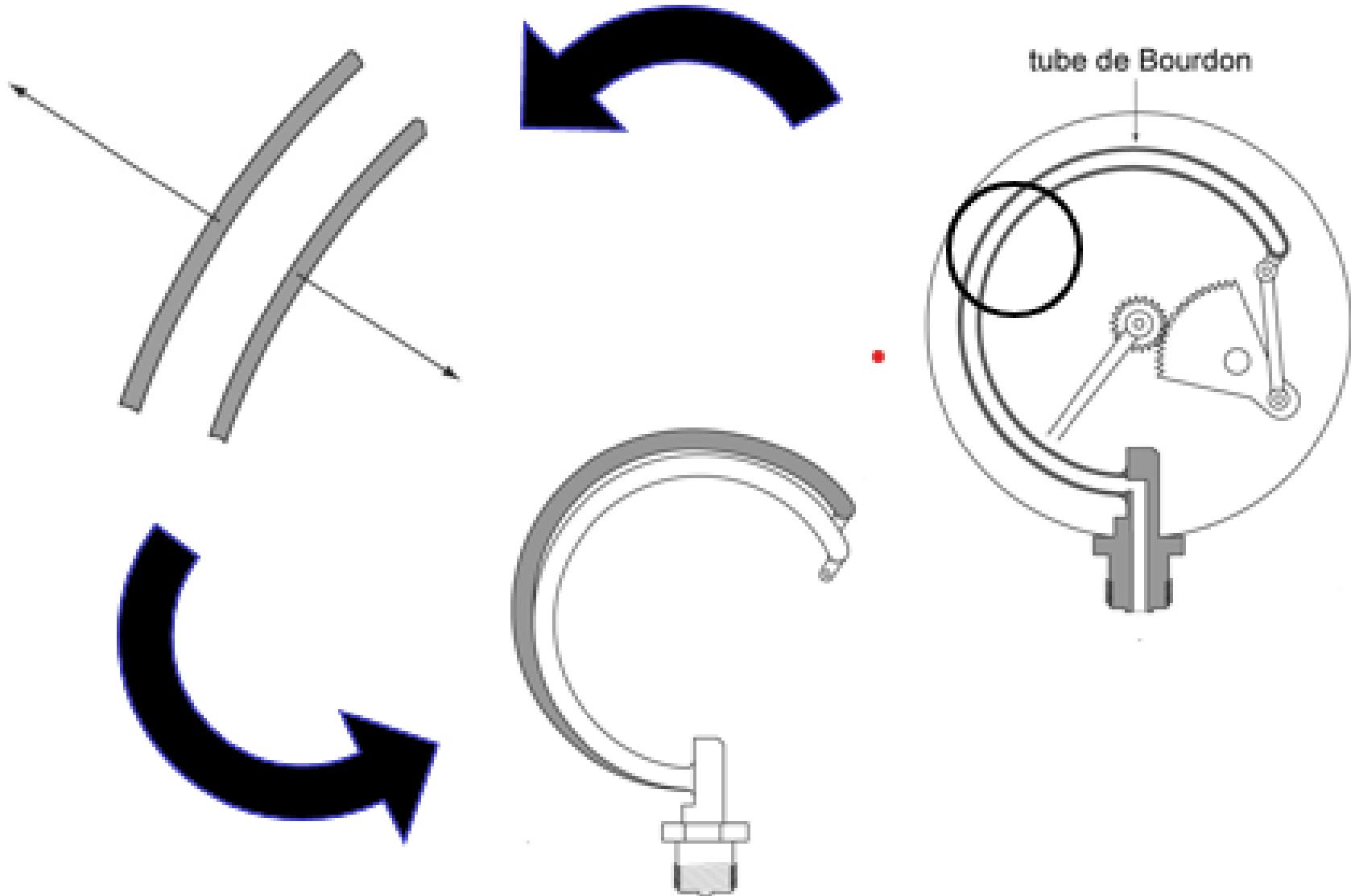


$$\begin{aligned}A / B &= C \\A / C &= B \\A &= B \times C\end{aligned}$$

Grandeurs physiques

- **Pression** : $p = F / S$, s'exprime « officiellement » en pascal (Pa)
 $\Rightarrow F = p \times S$ (matériel)
Exemples : couteau de plongée, épine d'oursin, manomètre,...
- **Pression atmosphérique** : poids de la colonne d'air par unité de surface
- **Pression hydrostatique (relative)** : poids de la colonne d'eau par unité de surface
 $\Rightarrow p = P / S = M \times g / S = \rho \times V \times g / S = \rho \times g \times h = 10000 \times h$ (Pa) = $0,1 \times h$ (bar)
- À 10m en eau de mer, $p_{\text{rel}} = 1,01$ bar (1 + 1%)
- À 10m en eau douce, $p_{\text{rel}} = 0,98$ bar (1 - 2%)
- **Pression Absolue** : Pression atmosphérique + Pression hydrostatique

Exemple : Le manomètre

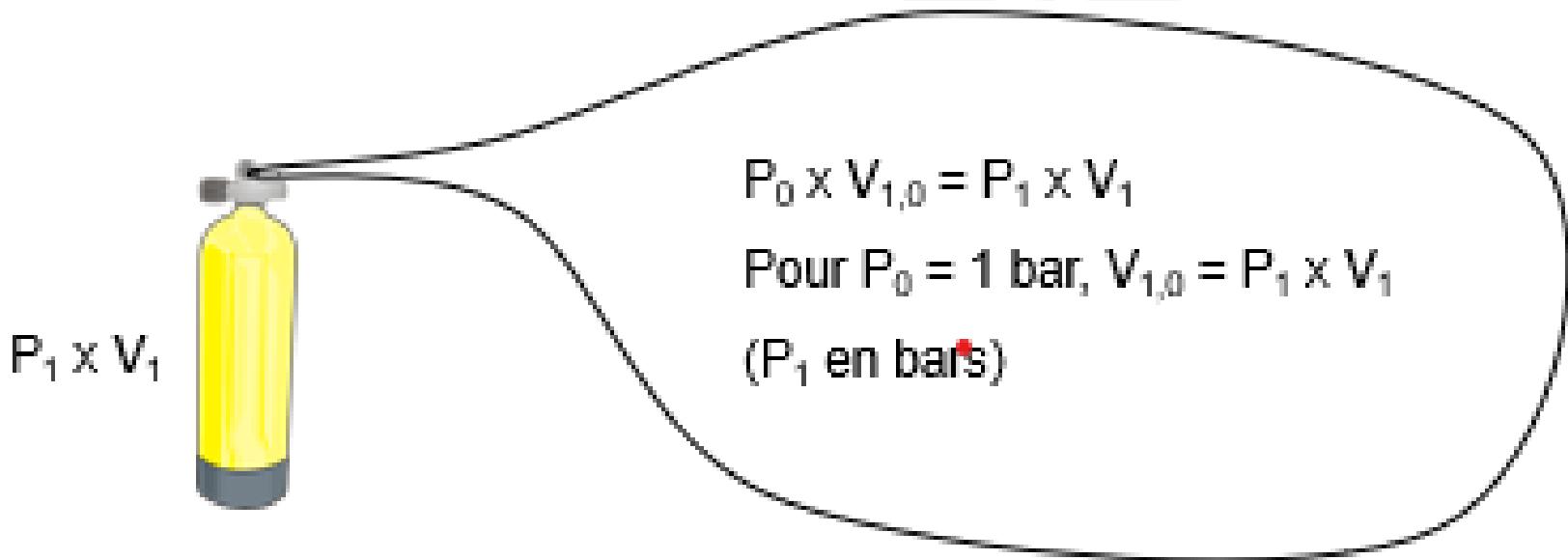


Unités usuelles

- **Volume**
 - $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$
 - $1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$
- **Force**
 - $1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N} \rightarrow \text{par soucis de simplification, on utilise le kg}$
- **Pression**
 - $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$
 - $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$
 - $1 \text{ atm} = 1013 \text{ hPa} = 1,013 \text{ bar} = 760 \text{ mmHg}$
 - $1 \text{ kg/cm}^2 = 0,981 \text{ bar}$
 - $1 \text{ bar} = 14,5 \text{ PSI} \Rightarrow 200 \text{ bar} \approx 3000 \text{ PSI}$
- **Règles d'écriture des unités** 

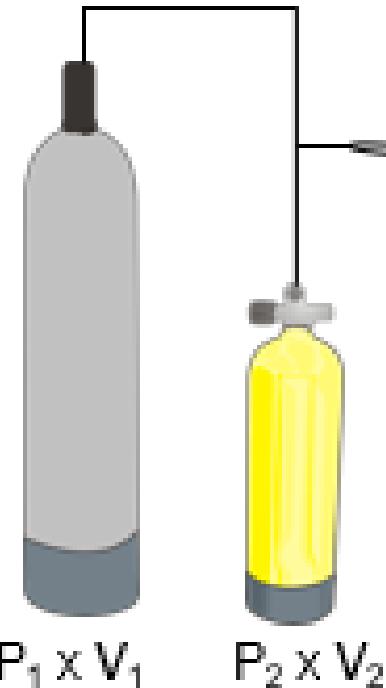
Compressibilité : Boyle - Mariotte

- $P \times V = C^{\text{te}}$
- Valide si $P < 250$ bar et $T < 220^\circ\text{C}$



- À température constante, $P \times V$ représente une quantité (masse, nombre de molécules) de gaz
- Applications : *consommation, autonomie, parachute, gonflage par transfert*

Compressibilité : Boyle – Mariotte (suite)



Volume à $P_0 = 1$ bar : $P_1 \times V_1 + P_2 \times V_2$

Pour $V = V_1 + V_2$: $P \times V = P_1 \times V_1 + P_2 \times V_2$

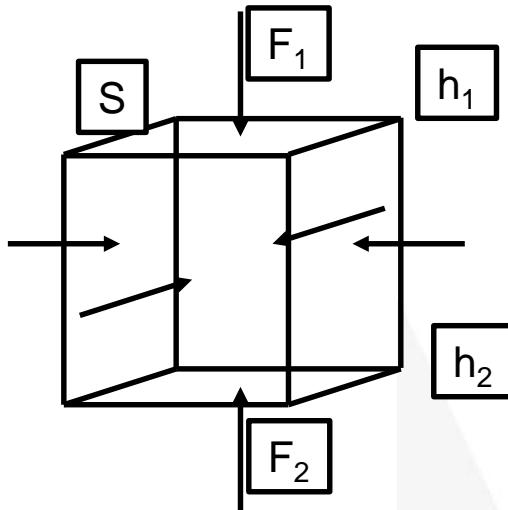
$$P = (P_1 \times V_1 + P_2 \times V_2) / (V_1 + V_2)$$

- **Applications : équilibrage de blocs**

Compressibilité : Charles

- Influence de la température absolue
- La température absolue est exprimée en Kelvin (K)
- $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$ (on arrondit à 273)
- A volume constant, P / T est constant
- $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$
- **Applications** : variation de température des blocs gonflés

Flottabilité

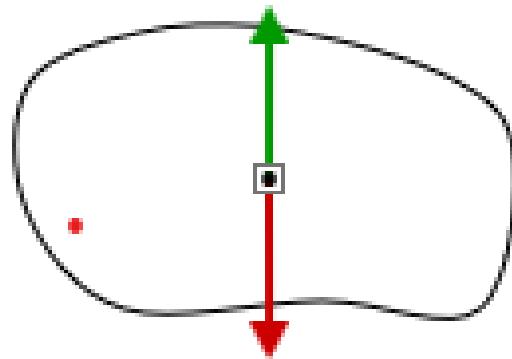


- $F_1 = p_1 \times S$ et $F_2 = p_2 \times S$
 $\Rightarrow F = (p_2 - p_1) \times S \quad (\uparrow)$
- $p = \rho \times g \times h$
 $\Rightarrow (p_2 - p_1) = \rho \times g \times (h_2 - h_1)$
 $\Rightarrow F = \rho \times g \times (h_2 - h_1) \times S$
 $\Rightarrow F = \rho \times g \times V = M \times g = P$
(poids du volume d'eau)

« Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale dirigée de bas en haut, d'intensité égale au poids du fluide déplacé »

poids apparent = poids réel – poussée d'Archimède

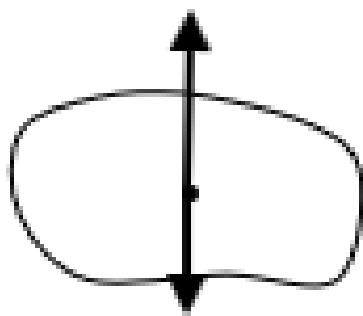
Flottabilité (1)



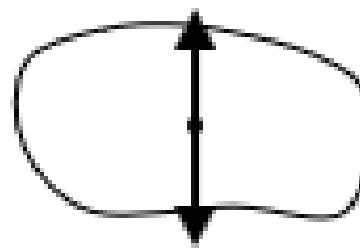
« Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale dirigée de bas en haut, d'intensité égale au poids du fluide déplacé »

poids apparent = poids réel – poussée d'Archimède

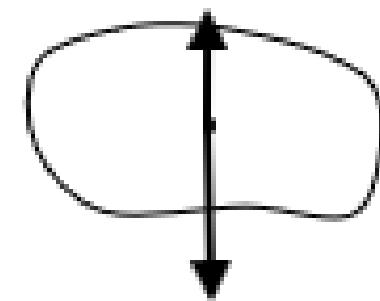
Flottabilité (2)



$P_{app} < 0$
Flottabilité positive



$P_{app} = 0$
Flottabilité neutre



$P_{app} > 0$
Flottabilité négative

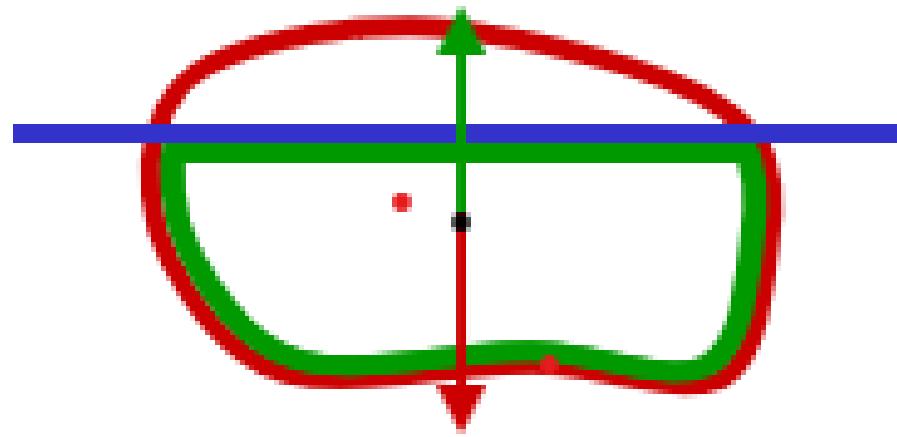
Méthodologie de calcul

$$P_{\text{réel}} \text{ (kg)} = d_{\text{objet}} \times 1 \text{ (kg/L)} \times V_{\text{objet}} \text{ (L)}$$

$$P_{\text{Arch}} \text{ (kg)} = d_{\text{eau}} \times 1 \text{ (kg/L)} \times V_{\text{objet immergé}} \text{ (L)}$$

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

Flottabilité (3)



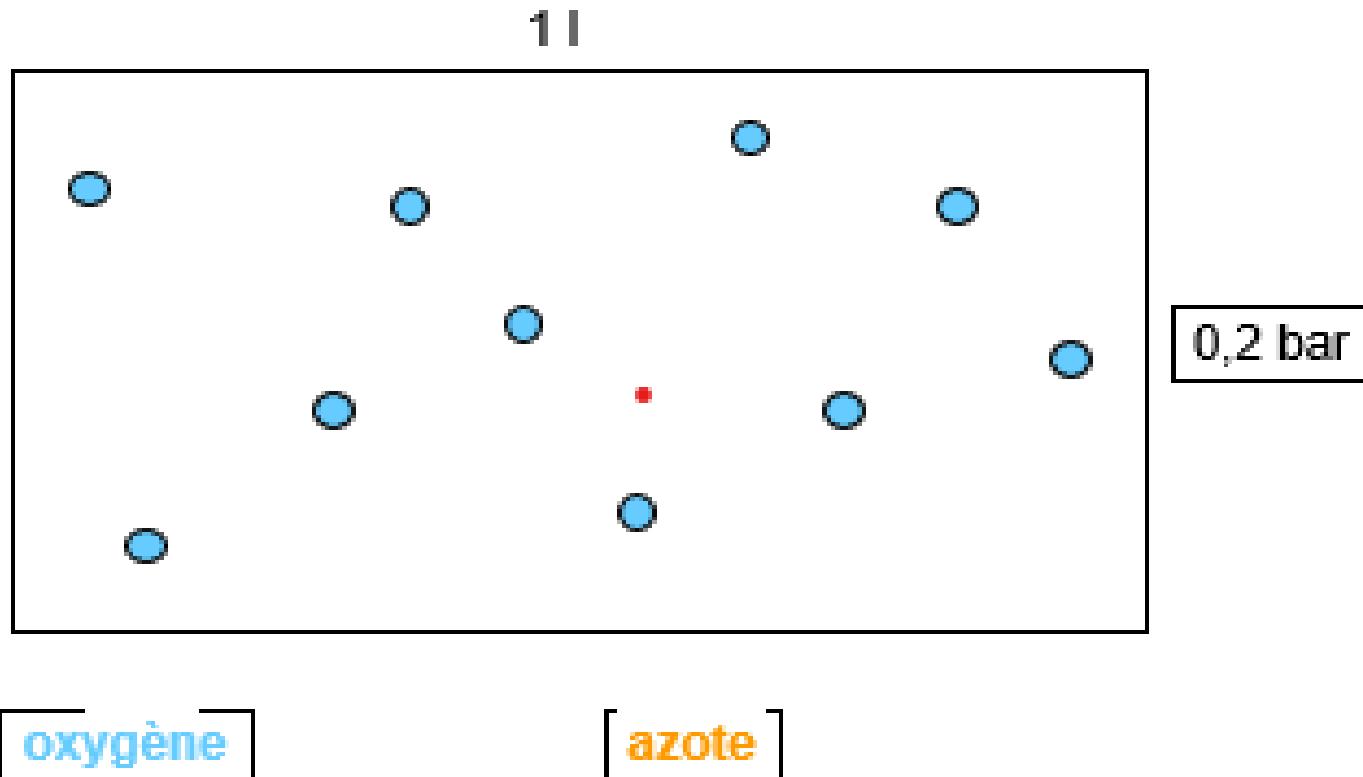
A l'équilibre, le poids du liquide déplacé est égal au poids de l'objet

Flottabilité : applications

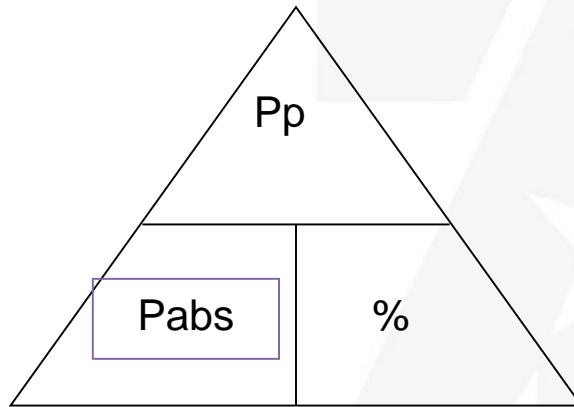
- *Lestage*
- *Utilisation du SSG*
- *PMTC*
- *Recherches*
- *Relevage d'objets immergés*
- *Équilibrage d'objets immergés*
- *Équilibre d'objets en surface*
- *Densité de l'eau de mer = 1,03*
- *Densité du plomb = 11,3*

Notion de pression partielle

Dans un mélange de gaz, chaque constituant se comporte comme s'il occupait seul le volume disponible.



Notion de pression partielle (suite)

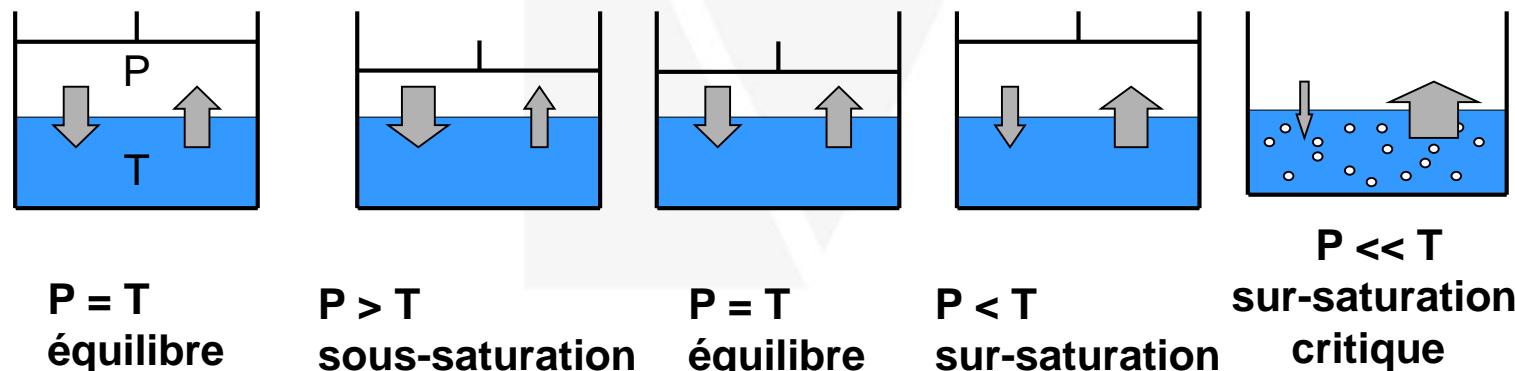


- $P_p = P_{abs} \times \%$
- $P_{abs} = P_p / \%$
- $\% = P_p / P_{abs}$
- $P_{p1} + P_{p2} + \dots + P_{pn} = P_{abs}$

⇒ C'est la pression partielle des gaz dans l'organisme qui va déterminer leur effet sur celui-ci

La dissolution des gaz

- Pression du gaz sur le liquide → dissolution
- 4 états : sous-saturation, équilibre, sur-saturation, sur-saturation critique
- À l'équilibre, par définition :
 $\text{tension (gaz dissous)} = \text{pression (gaz gazeux)}$
- Solubilité (fonction de la température)
- A l'équilibre, la quantité de gaz dissous est proportionnelle à sa solubilité dans le liquide et à sa tension



Les facteurs qui influencent la dissolution

- Pression du gaz (**Profondeur**) : pression $\nearrow \Rightarrow$ gaz dissous \nearrow
- Durée d'exposition (**Temps d'immersion**) : durée $\nearrow \Rightarrow$ gaz dissous \nearrow
- Surface de contact (**Vascularisation**) : surface $\nearrow \Rightarrow$ **vitesse** de dissolution \nearrow
- Température ($\approx 37^\circ\text{C}$) : température $\nearrow \Rightarrow$ gaz dissous \searrow
- Nature du gaz et du liquide (taille des molécules, affinité, solubilité) : **Tissus (sang, lymphé,...), mélange gazeux respiré**
- Agitation : agitation $\nearrow \Rightarrow$ **vitesse** de dissolution \nearrow
(Débit sanguin)



VALABRE

ÉCOLE D'APPLICATION DE SÉCURITÉ CIVILE

Question ?...



ENTENTE-ECASC
ETABLISSEMENT PUBLIC
www.valabre.com

