

A- La catastrophe du lac Nyos (Cameroun, 1986)

Une éruption de CO₂ dissout dans un lac volcanique provoque la mort par asphyxie de 1746 personnes, au Cameroun près du lac de Nyos.

La profondeur du lac, sa situation (cratère volcanique) et le climat (tropical) étaient les ingrédients de la terrible catastrophe.

Lien vers la vidéo : http://www.dailymotion.com/video/x82x3l_les-lacs-tueurs-1-3_tech



B- Explication physique de la catastrophe

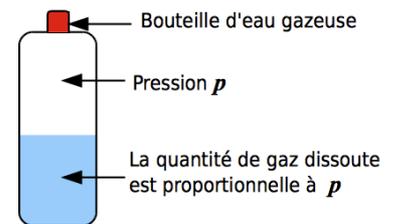
B.1 Dissolution d'un gaz dans un liquide

Loi de Henry

La concentration d'un gaz dans un liquide est proportionnelle à la pression du gaz au dessus de ce liquide.

$$P_{\text{gaz}} = k_H \times C_{\text{gaz}}$$

k_H est la constante de Henry du gaz. Elle dépend notamment de la température.



Exemple : Pour le CO₂ dans l'eau, $k_{\text{HCO}_2} = 29,76 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{L}$ à 25 °C (On approximera 1 atm = 10⁵ Pa).

Dans une bouteille d'eau gazeuse de 1L, à la pression de 2,4 atm à 25°C, quelle est la masse de CO₂ dissoute ?

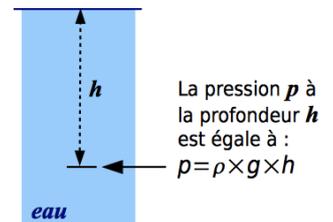
- On écrit la loi de Henry $p = k_H \times C$
- Dans notre problème, on connaît p et k_H , on recherche C donc $C = p / k_H$
- On effectue le calcul pour connaître la concentration en CO₂ de l'eau $C = 2,4/29,7 = 0,08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- À partir de la concentration molaire, on calcule la quantité de matière de CO₂ $n = C \cdot V = 0,08 \times 1,0 = 0,08 \text{ mol}$.
- On calcule la masse m de CO₂ à partir de la quantité de matière n et de la masse molaire moléculaire M du CO₂ donc $M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \times 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $m = n \times M = 0,08 \times (12 + 2 \times 16) = 3,52 \text{ g}$.
- Le volume de gaz de CO₂ qui correspond serait de $V_{\text{gaz}} = n \times V_m = 0,08 \times 24 = 1,9 \text{ L}$. C'est ce gaz qui s'échappe quand on ouvre brutalement la bouteille

B.2 Pression dans un liquide en fonction de la profondeur

Principe fondamental de l'hydrostatique des fluides

Dans un fluide de masse volumique ρ (en kg.m⁻³), à la profondeur h (en m) , la pression augmente par rapport à la surface d'une valeur $\Delta p = \rho \times g \times h$

Δp est en Pascal, g est l'accélération de pesanteur $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ sur la Terre



Exemple 1

Sous 10m d'eau, $\Delta p = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 10\text{m} = 9,8 \times 10^4 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$

Donc sous 10m d'eau, la pression absolue (c-à-d par rapport au vide) est égale à 2x la pression atmosphérique (à la surface, on a déjà 10⁵ Pa de pression absolue).

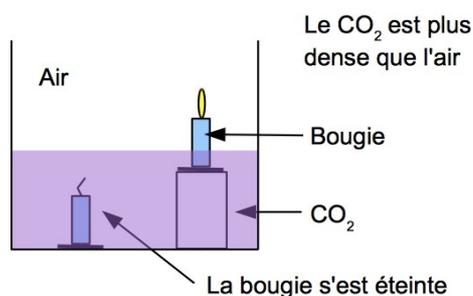
Exemple 2 :

Quand une girafe se penche pour boire de l'eau, comment sa tête n'explose pas ? Ou pourquoi, quand elle relève la tête, ne s'évanouit elle pas à cause de la chute de pression sanguine ? (hauteur d'une girafe : 5m environ, différence de pression 0,5 bar ...)

Le Sport - Chapitre 8 -Pression dans un liquide, dissolution d'un gaz

B.3 Densité d'un gaz par rapport à l'air

Expérience



Deux bougies sont allumées dans un aquarium, une bougie est sur élevée.

On fabrique du CO₂ grâce à une réaction chimique (craie + acide chlorhydrique) et l'aquarium se remplit doucement de CO₂, gaz plus dense que l'air, sans couleur, sans odeur.

L'air est progressivement remplacé par le CO₂ et dès que le CO₂ atteint la première bougie, elle est privée de di oxygène et elle s'éteint.

Définition :

La densité d d'un gaz par rapport à l'air est le rapport de sa masse volumique du gaz et de la masse volumique de l'air :

$$d = \rho_{\text{gaz}} / \rho_{\text{air}}$$

- Si $d > 1$, le gaz « coule » dans l'air.
- Si $d < 1$, le gaz « flotte » sur l'air.

Exemple 1 :

À 0°C et pression ambiante : $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$, $\rho_{\text{CO}_2} = 1,98 \text{ kg.m}^{-3}$, $\rho_{\text{méthane}} = 0,72 \text{ kg.m}^{-3}$. Calculez d et dire si le gaz flotte ou coule.

B.4 Explication physique de la catastrophe du lac de Nyos

Le lac a des eaux très stables qui ne sont jamais brassées. Dans le fond du lac, le CO₂ issu du volcan s'est dissout dans l'eau. Les quantités de CO₂ dissout sont énormes car le lac étant très profond, la pression est très grande et à cause de la loi d' Henry, la concentration de CO₂ peut devenir très grande.

À cause de petit séisme ou d'une petite éruption, un éboulement rocheux ou un glissement de terrain va pousser l'eau du fond du lac vers la surface.

En remontant du fond du lac, la pression de cette eau chute, et le gaz se libère brutalement, ce qui accentue le phénomène de brassage de l'eau et du dégazage.

Presque un km³ de gaz s'échappe ainsi en quelques secondes.

Le gaz de CO₂, plus dense que l'air, s'écoule dans les vallées autour du volcan, et chasse alors l'air (et l'oxygène). Les êtres vivants (humains et animaux) meurent alors asphyxiés.

Le CO₂ ensuite se dilue dans l'atmosphère (à cause du vent notamment) et les premiers rescapés et sauveteurs découvrent l'ampleur de la catastrophe.

C- Exercice

Exercice 1 p299

Exercice 4 p299

Exercice 5 p299

Exercice 9 p300

Exercice 14 p301

D- Corrigé

Exercice 1 p299

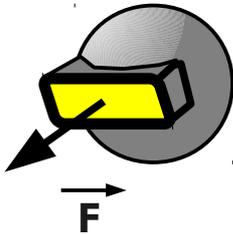
1- Mouvement « Brownien » : agitation aléatoire des molécules, avec de nombreux chocs (voir 1.1 p292)

2- Si T diminue, alors l'agitation des molécules diminue

3- Comme les molécules s'agitent moins, les chocs sont moins violents et donc la pression diminue.

4- Oui

Exercice 4 p299



1-

2- $p = F/S$ (définition de la pression) donc $p = 2,4 \times 10^3 \text{ N} / 8,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 3,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

3- Comme $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ alors $10^{-5} \text{ bar} = 1 \text{ Pa}$ et $p = 3,0 \times 10^5 \text{ Pa} = 3,0 \times 10^5 \times 10^{-5} \text{ bar} = 3,0 \text{ bar}$. La pression sous l'eau, à 20m, est égale à la pression de l'air dans le masque.

Exercice 5 p299

1- $p_{\text{surface}} = p_{\text{Atm}} = 1013 \text{ hPa}$

2- On ajoute la surpression $\Delta p = \rho \cdot g \cdot h = 1030 \times 9,8 \times 10 = 9,7 \times 10^5 \text{ Pa}$ donc la pression absolue sera $p = p_{\text{surface}} + \Delta p = 1013 \times 10^2 + 9,7 \times 10^5 = 1,07 \times 10^6 \text{ Pa}$

3- $p = 4,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (pression absolue). Donc la sur pression sera $\Delta p = p - p_{\text{surface}} = 4,0 \times 10^5 - 1,013 \times 10^5 = 3,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Comme $\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$, alors $h = \Delta p / \rho \cdot g$. Donc $h = 3,0 \times 10^5 / (1030 \times 9,8) = 29 \text{ m environ}$.

Exercice 9 p300

1- Il manque le gaz CO_2 qui a quitté le liquide.

2- C'est la loi de Henry : la concentration de gaz dissout augmente avec la pression. Si la pression devient nulle, la quantité de gaz dissout devient nulle aussi. Si le liquide a complètement dégazé, on observe alors une petite perte de masse.

Exercice 14 p301

1- Poids = masse \times g. Donc $P = 70 \times 9,8 = 686 \text{ N}$

2- $F_{\text{pressante}} = P$, les forces sont opposées.

3- Il faut que $p = F/S = 2000 \text{ Pa} = \text{Mg}/S = 686 / S$ donc $S = 686/2000 = 0,34 \text{ m}^2$.

4- $S = l \times L$ donc $L = S/l$ (les cotes sont en m). $L = 0,34/0,26 = 1,30 \text{ m}$

