

**Introduction :** Des bouteilles de gaz comprimé permettent au plongeur de respirer. Pourquoi est-il dangereux de remonter trop rapidement lors d'une plongée sous marine ? (Voir fin du cours + exercices 10 + 18 p 300/302).

### I°) Description d'un gaz :

#### 1°) Nature microscopique et macroscopique d'un gaz :

**Un gaz (ou un mélange de gaz) est constitué d'un ensemble de molécules, assez éloignées les unes des autres en général, et en agitation permanente.**

Il est trop compliqué, et d'ailleurs inutile, de faire l'étude de l'état d'un gaz à l'échelle microscopique pour les raisons suivantes:

- Les molécules constituant un gaz (ou un mélange de gaz) sont en .....
- Il faudrait connaître un trop grand nombre de paramètres (vitesse, position, masse, etc...) pour chaque molécule à chaque instant.

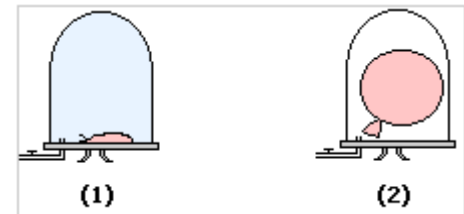
On utilise alors, pour **décrire l'état du gaz**, des grandeurs macroscopiques ayant un lien avec la nature microscopique du gaz, facilement accessible à la mesure. Les grandeurs que l'on retient en général sont:

- **La** .....
- **La température T** (ou  $t$  ou  $\theta$  . Attention de ne pas confondre T avec une période et  $t$  avec un temps (ou une durée)).
- **Le** ..... (ou  $v$  . Attention de ne pas confondre V ou  $v$  avec une vitesse).
- **La quantité de matière de gaz n** (Voir [cours de chimie](#)).

### 2°) La pression P.

#### 2.1 Expérience.

Dans l'expérience schématisée ci-contre, on place un ballon de baudruche contenant très peu d'air (très peu gonflé) sous une cloche à vide (1). Dans la partie (2) de cette expérience, on fait le vide d'air sous la cloche à vide. On observe alors que le ballon se ..... Son enveloppe se tend et son ..... augmente.



#### 2.2 Interprétation microscopique.

Dans la partie (1) de l'expérience, les faces interne et externe du ballon sont soumises à un bombardement incessant par les molécules des gaz constituant l'air ( $O_2$  et  $N_2$  essentiellement).

Dans la partie (2) de l'expérience, seule la face ..... du ballon est soumise au bombardement par les molécules enfermées dans le ballon (.....). Sous l'action de ce bombardement qui a lieu de l'intérieur vers l'extérieur, le ballon se déforme. Son volume augmente.

**On dit que le (ou les) gaz exerce(nt) une pression sur la face interne du ballon.**

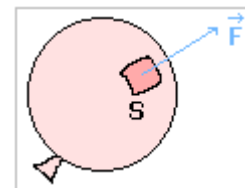
#### 2.3 Relation entre la force pressante et la pression (aussi manip prof avec Talc + cylindre en fer) :

La déformation du ballon peut être attribuée à un ensemble de forces qu'exercent les molécules lors de leurs chocs sur la paroi de celui-ci. **Pression et force pressante sont indissociables.**

D'une façon plus générale soit S l'aire d'une surface en contact avec un gaz. La relation entre la valeur de la force pressante F et la pression P est:<sup>2</sup>



$$P = \frac{F}{S}$$



**La force pressante est orthogonale à la surface sur laquelle elle s'exerce.**

#### 2.4 Mesure de la pression.

Les appareils de mesure de la pression:

- **Les manomètres absolus.** Ils donnent la valeur de la pression du gaz par rapport au vide. Les ..... qui mesurent la pression atmosphérique sont des manomètres absolus.
- **Les manomètres relatifs.** Ils donnent la pression du gaz par rapport à la pression atmosphérique.

Les unités de mesure:

- **Le pascal (Pa). Unité de mesure légale.** (1 hPa=100 Pa).
- Le bar (bar). 1 bar=10<sup>5</sup> Pa.
- L'atmosphère (atm). 1 atm=1,013×10<sup>5</sup>Pa.
- Le millimètre de mercure (mm Hg). 760 mm Hg=1 atm.

### II°) Pression dans un liquide :

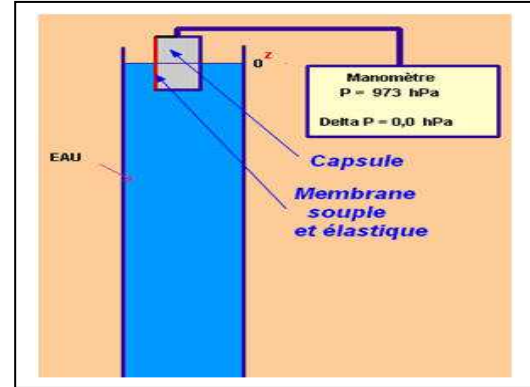
#### 1) Étude expérimentale :

On dispose d'une capsule remplie d'air (sonde manométrique) , fermée par une membrane souple et élastique, reliée par un tuyau à un capteur de pression. On plonge cette capsule dans l'eau à différentes profondeurs.

On fait varier la profondeur d'immersion de la capsule :  
On remarque que la déformation de la membrane dépend de la profondeur d'immersion.

Plus la profondeur est grande, plus la ..... donc la pression dépend de ..... de la capsule.

Au départ, le manomètre mesure la valeur de ..... Lorsque l'on plonge la capsule dans l'eau, la pression augmente avec .....



## 2) Relation entre pression et profondeur :

On fait varier la profondeur et pour chaque valeur de  $z$  (indication fournie sur le bord du récipient en verre), on mesure la valeur de la pression  $P$  exercée par le liquide sur la membrane de la capsule.

P (Pa)	.....	.....	.....	.....	.....
Z(m)	.....	.....	.....	.....	.....

Tracer la courbe  $P = f(z)$  (à faire sur papier millimétré).

La courbe obtenue est une fonction affine du type  $y = a \cdot x + b$

Détermination de la valeur des grandeurs  $a$  et  $b$  et représentation :

La grandeur  $b$  est l'ordonnée à l'origine, physiquement, elle représente la valeur de la pression pour  $z = 0$ . C'est la pression atmosphérique :  $P_{atm} \approx \dots\dots\dots$  h Pa =  $\dots\dots\dots$  Pa

La grandeur  $a$  est le coefficient directeur de la droite obtenue.

Détermination de la valeur de  $a$  :  $\Delta z \approx \dots\dots\dots$  m  $\Delta P \approx \dots\dots\dots$  Pa donc  $a = \dots\dots\dots$

Comparons  $a$  au produit  $\rho_{eau} (\text{kg} / \text{m}^3) \times g = 1000 \times 9.81 = 9.81 \times 10^3$  et  $a$  correspond à  $\dots\dots\dots$

On peut faire la même expérience avec de l'alcool, de l'huile et de l'eau salée et avec la même profondeur on n'a pas la même variation de pression

Liquide	Alcool	Huile	Eau	Eau salée
Masse volumique $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	800	900	1000	1130
$\Delta z$ (m)	0,502	0,502	0,502	0,502
$\Delta P$ Pa	3940	4430	4930	5570
$a$ (coef directeur)	$7.84 \times 10^3$	.....	$9.82 \times 10^3$	.....
$\rho$ (kg / m <sup>3</sup> ) $\times g$	$7.84 \times 10^3$	.....	.....	.....

À une profondeur  $z$ , dans un liquide de masse volumique  $\rho$  la pression  $P$  est donnée par la relation :

$$P = P_{atm} + \rho_{liquide} \times g \times z$$

Où  $P_{atm}$  est la pression atmosphérique s'exprimant en pascal (Pa),  $\rho_{liquide}$  en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $g$ , l'intensité de la pesanteur en  $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$  et  $z$  la profondeur en m.

### Remarques :

- La pression du liquide est identique en tout point à la même profondeur.

- La différence de pression entre deux points d'un liquide dépend uniquement de la différence de profondeur entre ces points :

$$P_2 - P_1 = \rho \times g \times (z_2 - z_1)$$

## III°) Effets physiologiques en plongée :

### 1°) La loi de Boyle-Mariotte (voir TP N°17) :

Les solides et les liquides sont incompressibles : la pression n'a pas d'effet sur eux. En revanche, le volume d'un gaz dépend de la pression qu'il subit.

Il existe une relation entre la pression et le volume d'un gaz appelé la **loi de Boyle-Mariotte** : À température constante, pour une quantité de matière donnée de gaz, la pression  $P$  que subit un gaz varie de façon inversement proportionnelle avec le volume  $V$  qu'il occupe : ..... = constante

Cette loi est valable pour des gaz à faible pression à une température donnée et elle est indépendante de la nature du gaz.

### 2°) Application à la plongée :

En plongée, les variations de pression et de volume de l'air présent dans le corps du plongeur (poumons, oreille...) ont une grande importance. Si le plongeur n'expire pas et bloque sa respiration lors de la remontée, il risque une déchirure des poumons, le volume d'air enfermé dans ses poumons ..... avec la diminution de la pression ambiante (voir exercice 10 p 300).

### 3°) Dissolution d'un gaz dans un liquide :

**On appelle solubilité d'un gaz, la quantité maximale de gaz que l'on peut dissoudre dans un 1 litre de liquide.**

A température constante, la solubilité varie avec la pression, donc avec la profondeur : elle augmente lorsque la pression ..... et diminue lorsque la pression .....

Ainsi lors de la remontée, la quantité maximale de gaz pouvant être dissous diminue. Des bulles de gaz se forment dans le sang. Elles sont éliminées par la respiration si la remontée est lente.

En revanche ce n'est plus le cas si la remontée est rapide. Les bulles peuvent alors boucher des veines, du cerveau ou du coeur. C'est l'accident de décompression. Pour éviter cela, le plongeur doit respecter les .....