

# PRESSIION

## L'ÉTAT GAZEUX

### MESURE de PRESSIION

#### LES GAZ

#### A QUELQUES GAZ BIEN CONNUS

- L'air contient de l'**oxygène** et de l'**azote**. L'oxygène entretient la respiration et les combustions. L'azote est un gaz inerte.
- Le **dioxyde de carbone**, formé au cours de la combustion du carbone dans l'oxygène (ou dans l'air), trouble l'eau de chaux.
- Le **dioxyde de soufre**, gaz irritant et suffocant formé au cours de la combustion du soufre dans l'oxygène ou dans l'air, décolore une solution violette de permanganate de potassium.
- Le **monoxyde de carbone**, véritable poison du sang, se forme lors des combustions incomplètes.
- Le **méthane**, constituant essentiel du gaz naturel, le **propane** et le **butane**, gaz stockés à l'état liquide dans des bouteilles, sont tous trois des combustibles domestiques.

#### B LES PROPRIÉTÉS D'UN GAZ

Comme un liquide, un gaz n'a pas de forme propre, il ne peut pas être saisi avec les doigts, il peut être transvasé (fig. 1 et 2) d'un récipient à un autre ; mais alors qu'un liquide reste au fond du récipient en prenant sa forme, un gaz se disperse dans tout le volume qui lui est offert : on dit qu'un gaz est **expansible**.

On peut en utilisant une seringue emprisonner de l'air et modifier son volume.

Comment réalise-t-on le transvasement d'un gaz ?

En tirant sur le piston de la seringue (fig. 1), on prélève une masse de gaz du flacon que l'on peut refouler ensuite dans un autre récipient rempli préalablement d'eau (fig. 2). Cette expérience se réalise avec un gaz qui n'est pas soluble dans l'eau.

Lorsque l'air de la seringue communique avec l'air extérieur, le piston de la seringue reste immobile. Alors, l'air extérieur et l'air intérieur pressent aussi fortement (fig. 3) sur chaque face du piston. La pression de l'air intérieur est égale à la **pression extérieure**.

Exemples et commentaires

#### composition de l'air

| volume d'air  | volume d'oxygène | volume d'azote |
|---------------|------------------|----------------|
| $\frac{5}{5}$ | $\frac{1}{5}$    | $\frac{4}{5}$  |

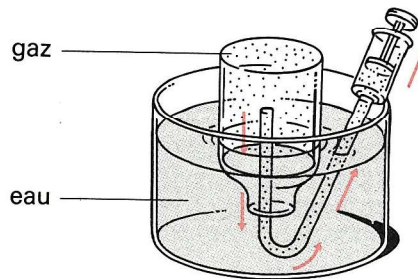


fig. 1 : prélèvement d'un volume de gaz avec une seringue

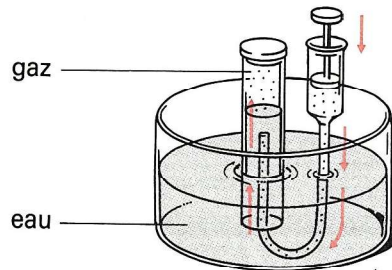


fig. 2 : injection de gaz dans un tube à essais, à l'aide d'une seringue

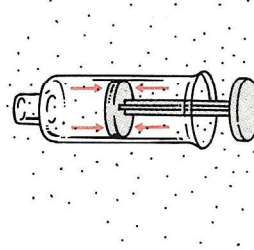


fig. 3 : piston immobile d'une seringue non bouchée

Le piston reste immobile : la pression de l'air intérieur est égale à la pression extérieure (fig. 3).

Bouchons la seringue avec un doigt (fig. 4) et appuyons sur le piston. Le volume de la même masse d'air diminue mais le piston revient en arrière si on le lâche : la pression de l'air intérieur est devenue supérieure à la pression extérieure. L'air est **comprimé**, et on dit que l'air est **compressible**. Le fait que le piston retrouve sa position de départ lorsqu'on le lâche montre que le gaz est **élastique**.

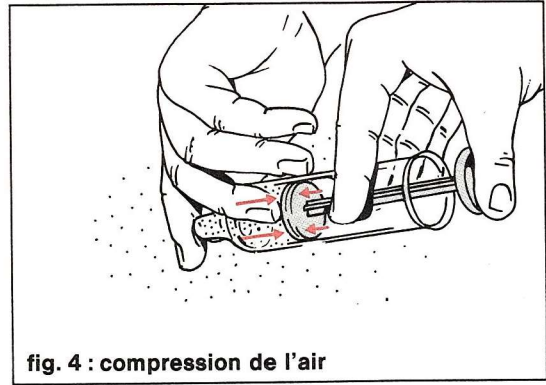


fig. 4 : compression de l'air

Le volume de la même masse d'air diminue : la pression de l'air intérieur est supérieure à la pression extérieure.

La seringue étant toujours bouchée, tirons le piston (vers l'arrière) [fig. 5]. Le volume intérieur augmente, mais le piston revient vers l'avant lorsqu'on le lâche : la pression de l'air intérieur est devenue inférieure à la pression extérieure. L'air est **détendu**.

Ainsi, lorsqu'un gaz évolue à température constante (par exemple 20 °C), le volume et la pression d'une même masse de gaz varient en sens inverse : le volume de gaz diminue lorsque sa pression augmente ; le volume augmente lorsque la pression du gaz diminue.

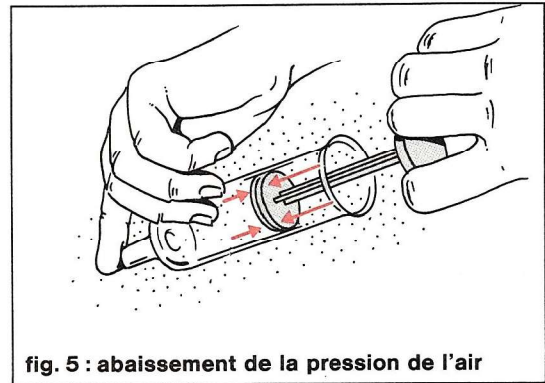


fig. 5 : abaissement de la pression de l'air

Le volume de la même masse de gaz augmente : la pression de l'air intérieur devient inférieure à la pression extérieure.

c

### LES UNITÉS DE PRESSION D'UN GAZ

- Unité légale : **le pascal** (symbole : **Pa**). Le pascal est une pression faible ; la pression de l'air qui nous entoure (pression atmosphérique) est beaucoup plus élevée : elle vaut 101 325 pascals en moyenne au niveau de la mer.

- Autres unités

- Les météorologues utilisent maintenant l'**hectopascal (hPa)** : 1 hPa = 100 Pa.

Parfois la pression atmosphérique est mesurée en bars ou en millibars :

- **le bar (bar)**

1 bar = 100 000 Pa

1 bar = 1 000 hPa

- **le millibar (mbar)**

1 mbar = 1 hPa

La pression atmosphérique au niveau de la mer vaut en moyenne 1 013 hPa ou 1 013 mbar.



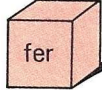
▷ **Pression normale**

La pression atmosphérique est dite normale lorsqu'elle vaut exactement 101 325 Pa ou 1 013,25 hPa.



## MASSE D'UN LITRE DE GAZ

Les gaz sont bien plus légers que les liquides et les solides. Pour pouvoir en juger, il faut considérer des volumes égaux de substances différentes et comparer leurs masses : la substance la plus légère est celle qui a la plus petite masse ; c'est aussi celle qui a la plus petite masse volumique.

| substance   | gaz<br> 1 l ou 1 dm <sup>3</sup> | liquides<br> 1 l ou 1 dm <sup>3</sup> | solides<br> 1 dm <sup>3</sup> |
|---|---|--|--|
| masse volumique<br>à la pression normale<br>de 1013 hPa<br>à la température de 20°C | 1,2 g/dm <sup>3</sup><br>ou 1,2 g/l   | 1000 g/dm <sup>3</sup><br>ou 1 kg/dm <sup>3</sup><br>ou 1 kg/l   | 7 800 g/dm <sup>3</sup><br>ou 7,8 kg/dm <sup>3</sup>   |
| comparaison avec l'air  |   | 833 fois plus lourd<br>que l'air en moyenne  | 6 500 fois plus lourd<br>que l'air en moyenne  |

### l'influence de la température

À pression constante, un gaz devient plus léger lorsque sa température augmente. Ainsi, à la pression normale de 760 mm de mercure, la masse d'un litre d'air passe de 1,3 g (à 0° C) à 1,2 g (à 20° C) : l'air devient plus léger car sa masse volumique diminue.

### masse d'un litre de gaz comprimé

L'air comprimé est **plus lourd** que l'air ambiant : sous la pression de 150 bars, l'air comprimé des bouteilles des plongeurs est 150 fois plus lourd que l'air ambiant à la même température. La masse volumique de l'air est passée donc de 1,2 g/l à 20° C et sous la pression de 1 bar (environ) à 180 g/l à 20° C sous la pression de 150 bars ( $150 \times 1,2 = 180$ ).

### masse d'un litre d'autres gaz

Certains gaz sont **plus lourds que l'air**. Ce sont par exemple : l'oxygène, le dioxyde de carbone, le butane, le dioxyde de soufre. Leurs masses volumiques mesurées dans les mêmes conditions de température et de pression sont supérieures à celle de l'air.

D'autres gaz sont **plus légers que l'air**. Ce sont par exemple : l'hydrogène, l'hélium, le méthane, l'azote, le monoxyde de carbone. Leurs masses volumiques sont inférieures à celle de l'air (à la même température et à la même pression).

### ▷ Comparaisons

La masse volumique de l'air est bien plus petite que celle des liquides et des solides.

Il en est de même des autres gaz :

| masse volumique de quelques gaz<br>à 20 °C et sous la pression<br>atmosphérique de 1 bar |          |
|--|----------|
| hydrogène  | 0,08 g/l |
| hélium   | 0,16 g/l |
| méthane  | 0,66 g/l |
| azote  | 1,16 g/l |
| monoxyde de carbone  | 1,16 g/l |
| air  | 1,20 g/l |
| oxygène  | 1,32 g/l |
| dioxyde de carbone   | 1,82 g/l |
| butane   | 2,40 g/l |
| dioxyde de soufre  | 2,64 g/l |

Les gaz beaucoup plus légers que l'air comme l'hydrogène et l'hélium sont utilisés pour gonfler les ballons-sondes destinés à recueillir des données météorologiques.

## DÉTERMINATION DE LA MASSE D'UN LITRE D'AIR

Elle peut se faire en utilisant :

- un ballon bien gonflé qui conserve le même volume lorsqu'on y prélève 2 litres d'air ;
- une balance Roberval ;
- une boîte de masses marquées.

La mesure se fait en 3 étapes.

### SAVOIR-FAIRE

## CONDUIRE UNE EXPÉRIENCE : FAIRE DES MESURES PRÉCISES

1<sup>re</sup> étape : le ballon bien gonflé est équilibré par une tare (fig. 12) constituée par du sable fin très commode pour établir l'équilibre de la balance.

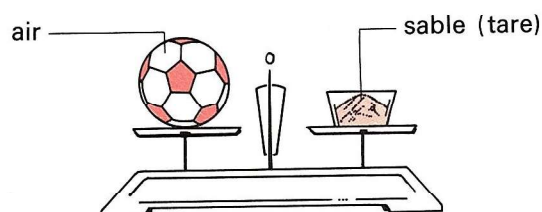


fig. 12 : le ballon bien gonflé équilibre la tare

2<sup>e</sup> étape : on prélève de l'air du ballon que l'on refoule avec un tuyau souple dans une bouteille d'une capacité de 2 litres (fig. 13), remplie d'eau et renversée sur la cuve à eau. Lorsque la bouteille ne contient plus d'eau, elle contient 2 litres d'air sous la pression atmosphérique du moment, voisine de 1 013 hPa.

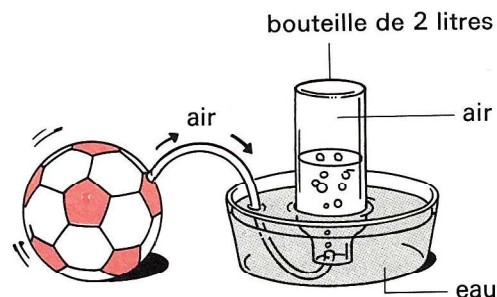


fig. 13 : remplissage de la bouteille de 2 litres sur la cuve à eau

3<sup>e</sup> étape (fig. 14) : on remet le ballon sur le plateau de la balance, la balance penche du côté de la tare, ce qui montre que l'air est pesant. Il faut rajouter 2,4 g environ sur le plateau où se trouve le ballon pour rétablir l'équilibre.

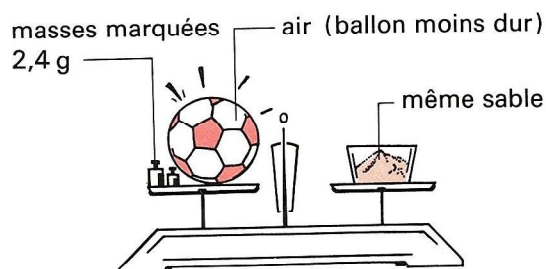


fig. 14 : rétablir l'équilibre

**Conclusion** : sous la pression atmosphérique habituelle et à la température de 20 °C, 1 litre d'air a une masse voisine de 1,2 g.

La masse d'air prélevé est égale à 2,4 g. Elle occupe un volume de 2 litres sous la pression atmosphérique habituelle.



**a** LA MESURE DE LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

La pression atmosphérique se mesure à l'aide d'un **baromètre**.

Ses variations permettent de prévoir les changements de temps.

C'est **Torricelli** (voir p. 76) qui mit en évidence l'existence de la pression atmosphérique.

Un tube de verre de section quelconque, mais de longueur supérieure à 80 cm est rempli de mercure (fig. 6 A), puis il est retourné sur une cuve à mercure (fig. 6 B).

L'air ambiant (air atmosphérique) repousse alors une hauteur de mercure voisine de 760 mm.

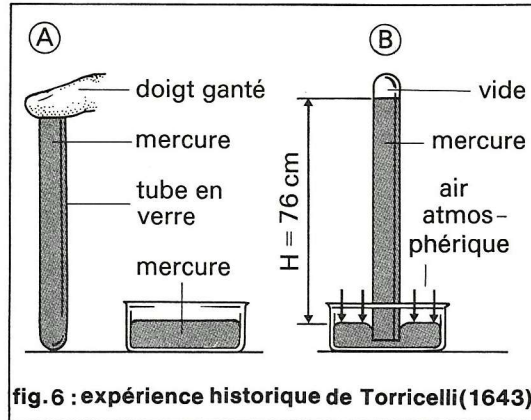


fig. 6 : expérience historique de Torricelli(1643)

**b** LES APPAREILS DE MESURE D'UNE PRESSION ATMOSPHERIQUE

le baromètre à mercure

Son principe découle de l'expérience de Torricelli (voir p. 76). Le vide surmonte le mercure dans la branche fermée, la pression atmosphérique n'agit que sur l'autre branche ; elle **équilibre la colonne de mercure** (A, B).

La pression atmosphérique au niveau de la mer varie mais reste voisine de 760 mm de mercure. Lorsqu'elle **correspond à 760 mm de mercure**, la pression est dite **normale**.

La pression atmosphérique **normale**  
 — équilibre une colonne de 760 mm de mercure,  
 — mesure 101 325 Pa (ou 1013,25 hPa).

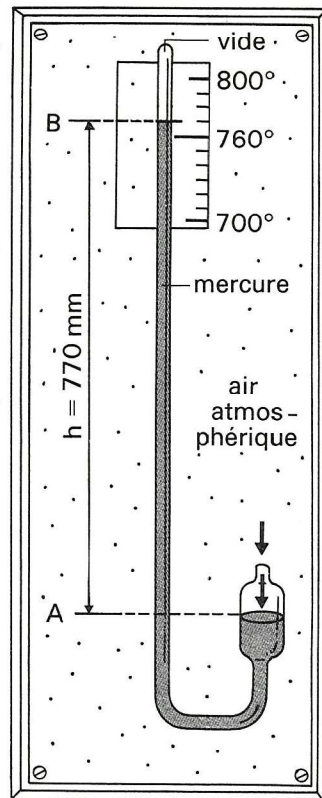


fig. 7 : baromètre à mercure

▷ **Équilibre**

La pression atmosphérique équilibre ici une colonne de mercure de hauteur  $h = 770$  mm.

On dit que la pression atmosphérique est égale à 770 mm de mercure.

Lorsque la pression atmosphérique évolue en un lieu vers des pressions supérieures à celles de régions avoisinantes, le lieu évolue vers un centre de **hautes pressions (zone anticyclonale)**. Dans le cas contraire, où la pression atmosphérique devient inférieure à celle des régions avoisinantes, le lieu évolue vers un centre de **basses pressions (zone de dépression)**.

c

**le baromètre usuel**

Il ne contient pas de mercure ; il est constitué par une boîte métallique « vide d'air » qui se déforme sous l'action de la pression atmosphérique : la boîte grossit légèrement lorsque la pression atmosphérique baisse, elle mincit légèrement lorsque, au contraire, la pression atmosphérique augmente (fig. 8).

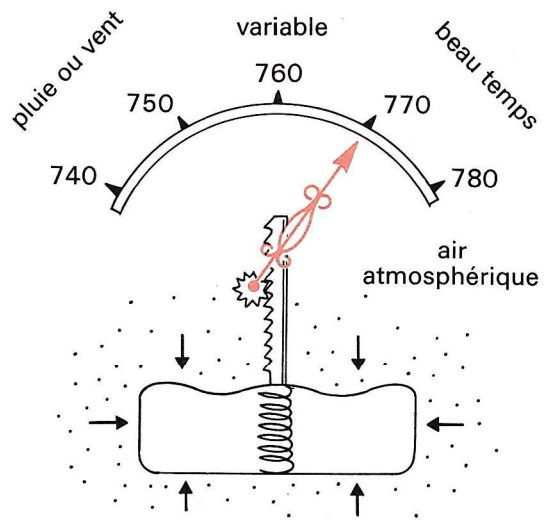


fig. 8 : baromètre métallique

## ▷ Beau fixe

Il fait beau temps, le baromètre est dans un lieu de hautes pressions.

Le ressort du baromètre métallique s'oppose à l'écrasement de la boîte. La boîte est vidée d'air pour éviter que les variations de température extérieure faussent les mesures de pression.

d

**le manomètre à aiguille**

Un manomètre mesure la pression d'un gaz. Son cadran est gradué en **bars** (fig. 9).

Une pression de **1 bar** équilibre dans le baromètre de Torricelli **une hauteur de mercure voisine de 750 mm**.

Comme l'eau est 13,6 fois « plus légère » que le mercure, une pression de 1 bar, qui équilibre 0,75 m (750 mm) de mercure, équilibrerait une hauteur d'eau 13,6 fois plus grande, soit environ 10,2 m d'eau ( $0,75 \times 13,6$ ).

On trouve ici la réponse au problème des fontainiers du duc de Toscane, qui n'arrivaient pas à faire monter l'eau au-delà de 10 m de profondeur (voir p. 76).

**1 bar correspond à 750 mm de mercure (environ). C'est une pression voisine de la pression atmosphérique normale.**

## • Principe du manomètre

Le gaz sous pression à l'intérieur d'un tube élastique en forme de point d'interrogation déforme ce tube et provoque le déplacement de l'aiguille.

Ces manomètres mesurent en général la surpression du gaz par rapport à la pression atmosphérique. On obtient la pression réelle du gaz en ajoutant la valeur de la pression atmosphérique à la valeur lue sur le cadran.

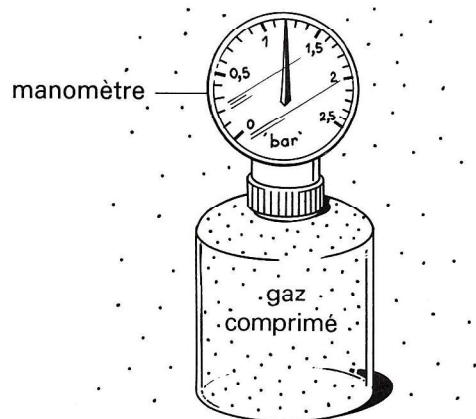


fig. 9 : mesure d'une pression à l'aide du manomètre à aiguille

## ▷ Lecture d'un manomètre

La surpression du gaz mesurée par le manomètre est de 1,2 bar sur la figure 10. En effet, la pression réelle du gaz est égale à la lecture du manomètre augmentée de la pression atmosphérique du moment, soit environ 2,2 bars ( $1,2 + 1$ ) ou 2 200 hPa.



**e) dans quels cas se sert-on d'un manomètre ?**

• On utilise un manomètre pour mesurer la **pression de l'air dans un pneu** (fig. 10). Plus on tasse l'air, plus le pneu devient dur : la pression de l'air dans le pneu augmente.

• Au laboratoire du collège, on utilise une **bouteille d'oxygène comprimé** (fig. 11) constituant une réserve de gaz disponible pour le remplissage de flacons d'oxygène.

Lorsque la bouteille est « neuve », le manomètre indique une surpression de 200 bars, ce qui signifie que le volume du gaz disponible à la pression atmosphérique de 1 bar (pression 200 fois plus faible) est 200 fois plus grand, soit 200 fois la capacité de la bouteille.

Lorsqu'on consomme de l'oxygène, la masse du gaz occupant la bouteille diminue, l'oxygène y est moins tassé et la pression du gaz diminue.

Lorsque l'indication du manomètre chute à 0 bar, la surpression de l'oxygène de la bouteille par rapport à l'air ambiant est nulle et la pression de l'oxygène dans la bouteille est égale à la pression atmosphérique : la bouteille est vide, il faut la « remplir ».

Le rôle du **détendeur** est important : il abaisse et régularise la pression de l'oxygène utilisé.

Les bouteilles sont **en acier** leur permettant de résister à des pressions élevées.

**Les plongeurs sous-marins** utilisent des bouteilles dans lesquelles l'air est tassé jusqu'à une pression pouvant atteindre 150 bars, ce qui leur assure une certaine autonomie.

**EXERCICES**

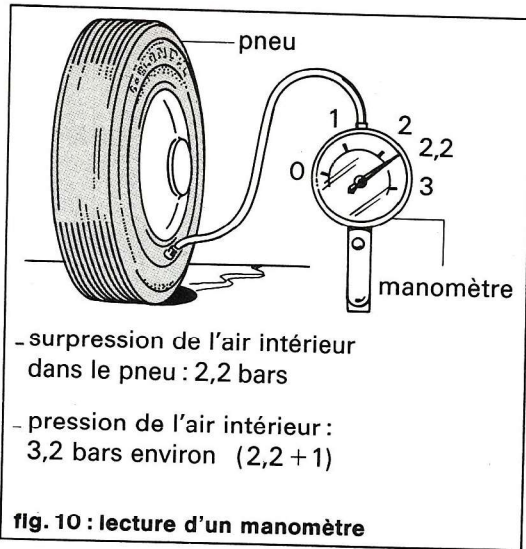
**SAVOIR-FAIRE**

EFFECTUER UN CALCUL SIMPLE :

CALCULER UNE HAUTEUR DE MERCURE

Un manomètre indique une pression de 346 mbar. Quelle hauteur de mercure cette pression équilibre-t-elle ?

Réponse : 259,6 mm de mercure.



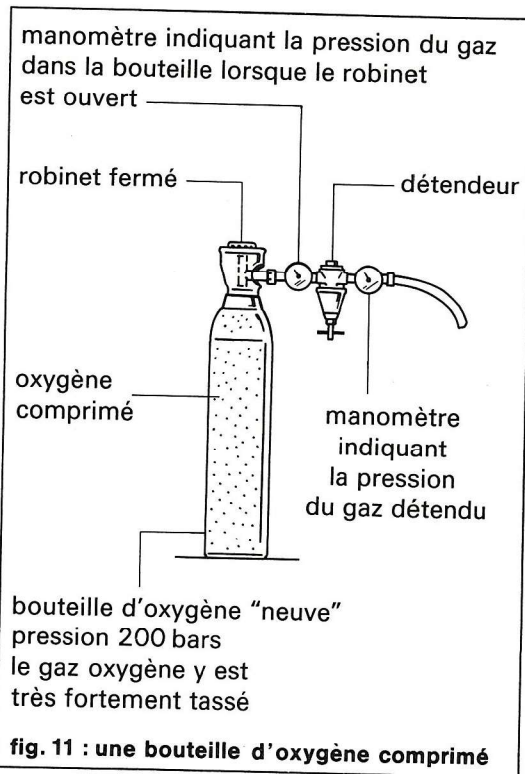
- surpression de l'air intérieur dans le pneu : 2,2 bars

- pression de l'air intérieur : 3,2 bars environ (2,2 + 1)

fig. 10 : lecture d'un manomètre

▷ Sécurité routière

La mesure de la pression de l'air dans un pneu doit se faire à froid avant de rouler et non en cours de route lorsque l'air emprisonné dans le pneu est chaud.



bouteille d'oxygène "neuve" pression 200 bars le gaz oxygène y est très fortement tassé

fig. 11 : une bouteille d'oxygène comprimé

▷ Plongée sous-marine

L'autonomie des plongeurs diminue avec la profondeur à laquelle ils évoluent. En effet, lorsque la profondeur augmente de 10 m, la pression ressentie par le plongeur augmente de 1 bar et la pression de l'air consommé augmente également de 1 bar. Il en résulte un volume d'air disponible plus faible.

Réponse :

1 013 mbar correspondent à 760 mm

$$\downarrow : 1\,013$$

1 mbar correspond à 0,750 mm

$$\downarrow \times 346$$

346 mbar correspondent à **259,6 mm**

Une pression de 346 mbar équilibre une colonne de mercure d'une hauteur de 259,6 mm.

▷ Pression atmosphérique au niveau de la mer

On sait qu'une pression de 1 013 mbar (ou 1 013 hPa) équilibre 760 mm de mercure qui est la pression moyenne de l'air au niveau de la mer.

Cette pression vaut 1 013 hPa ou 1,013 bar ou encore 1 013 millibars.

### CALCULER UNE PRESSION

Un baromètre indique une pression de 776 mm de mercure. Quelle est cette pression en mbar ? en hPa ?

Réponse :

760 mm correspondent à 1 013 mbar

$$\downarrow : 760$$

1 mm correspond à 1,332 mbar

$$\downarrow \times 776$$

776 mm correspondent à **1 034,3 mbar**

La pression de l'air atmosphérique équilibrant une colonne de 776 mm de mercure est égale à 1 034,3 hPa (ou 1 034,3 millibars).

▷ Vérification sur le terrain

Choisir de préférence le baromètre métallique léger et facilement transportable au baromètre à mercure qui a près de 1 m de hauteur.