

PHYSIQUE APPLIQUEE A LA COMPRESSIBILITE DES GAZ

I - Rappels

C'est vite dit !!!

La **pression** : c'est la quantité de force appliquée par unité de surface

$$\text{Pression} = \frac{\text{Force}}{\text{Surface}}$$

On distingue:

- La pression atmosphérique (P_{atm})
- La pression hydrostatique (P_{hydro})
- La pression absolue (P_{abs})

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{hydro}}$$

- $P_{\text{atm}} = 1$ bar au niveau de la mer
- P_{atm} baisse de 0,1 bar tous les 1000m
- $P_{\text{hydro}} = 1$ bar tous les 10m (eau douce)

Equation des gaz parfaits:

$$PV=nRT$$

Lorsque la quantité de gaz est constante on peut écrire

$$\frac{PV}{T} = C^{\text{te}}$$

Il en découle 3 lois

Loi de Boyle-Mariotte:

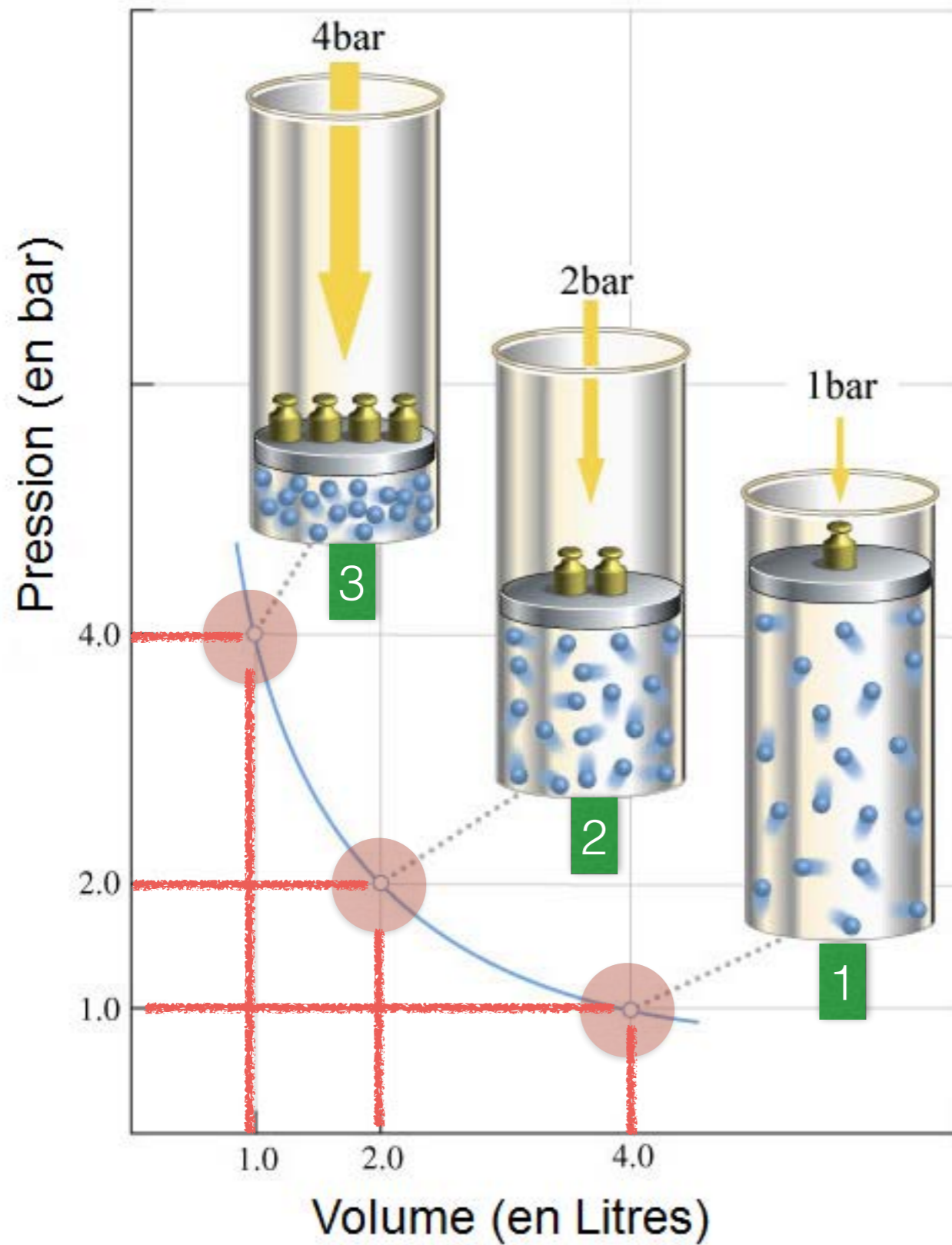
Température constante

$$P \times V = C^{\text{te}}$$

Aussi appelée « Loi de compressibilité des gaz parfaits »

Si V augmente, P diminue.
Elle peut aussi s'écrire

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \dots = P_n \times V_n = C^{\text{te}}$$



$$P_1 \times V_1 = 1 \times 4 = 4$$

$$P_2 \times V_2 = 2 \times 2 = 4$$

$$P_3 \times V_3 = 4 \times 1 = 4$$



$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3$$

Loi de Charles:

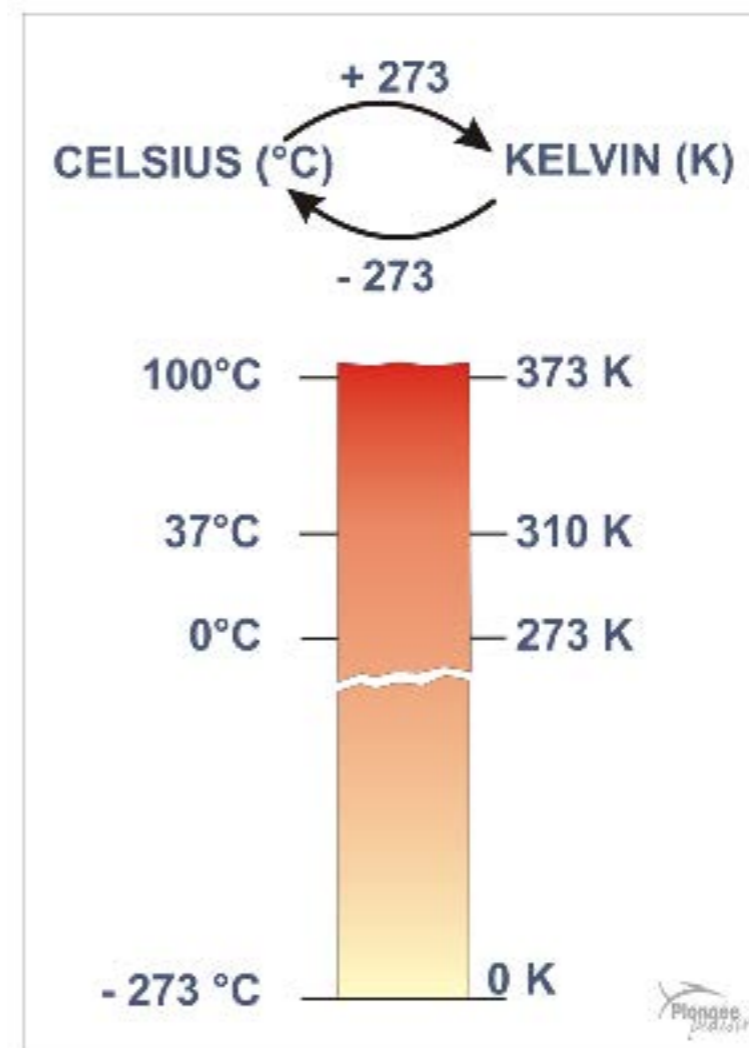
Volume constant

$$\frac{P}{T} = C^{\text{te}}$$



La température est exprimée ici en Kelvin

Si T augmente, P diminue.
Si T diminue, P augmente.



° Celcius	Kelvin
0	273
37	310
100	373

Loi de Gay-Lussac:

Pression constante

$$\frac{V}{T} = C^{\text{te}}$$



Pas très utile en plongée

Utilisé pour gonfler les montgolfières

II - Mises en application

Exercice 1

Marc dispose d'un bloc de 15 litres gonflé à 200 bars. En combien de temps atteint-il la réserve (fixée à 50 bars):

- En surface ?
- A 20 m ?
- A 40 m ?

	P_{abs} (bar)	1l en surface correspond à	Conso l/mn (éq surf)	Air dispo dans bloc (l)	Autonomie (mn)
Surface	1		20 l		
20 m					
40 m					

Loi de Boyle-Mariotte:

	P_{abs} (bar)	1l en surface correspond à	Conso l/mn (éq surf)	Air dispo dans bloc (l)	Autonomie (mn)
Surface	1	1 l	20 l	2250 l	112 mn
20 m	3	1/3 l	60 l	2250 l	37 mn
40 m	5	1/5 l	100 l	2250 l	22 mn



$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \dots$$

Exercice 2

Antoine dispose d'un bloc de 12 litres gonflé à 200 bars. Il consomme 20 l/mn. Il plonge 15mn à 40m. Quelle pression restera-t-il dans le bloc en début de remontée ?

- Le bloc contient: $P \times V = 200 \times 12 = 2400$ l
- P_{abs} à 40m: 5 bars
- Consommation par minute à 40m: $20 \times 5 = 100$ l/mn
- Consommation au bout des 15mn à 40m:
 $15 \times 100 = 1500$ l

En début de remontée, il reste donc dans le bloc:
 $2400 - 1500 = 900$ l soit $900 / 12 = 75$ bars

La remontée d'Antoine se compose de 3 minutes de remontée active (équivalente à un séjour à mi profondeur, soit 20m) et de 4 minutes de palier à 3m. Quelle sera la pression dans son bloc en sortie de l'eau ?

- Consommation par minute à 20m: $3 \times 20 = 60 \text{ l/mn}$
- Consommation pendant la remontée: $60 \times 3 = 180 \text{ l}$
- Consommation par minute à 3m: $1,3 \times 20 = 26 \text{ l/mn}$
- Consommation pendant le palier à 3m: $4 \times 26 = 104 \text{ l}$

Lorsqu'il émergera, il restera dans le bloc
 $900 - (180 + 104) = 616 \text{ l}$ soit $616 / 12 = 51 \text{ bars}$

Quelles conséquences en tirer ?

- Il est impératif de planifier une plongée surtout si c'est une plongée profonde.
- Eviter toute situation pouvant générer une augmentation de la consommation:
 - augmentation de la durée de plongée
 - augmentation de l'effort
 - essoufflement
 - ...
- Toujours prévoir une marge de sécurité
- Les signes mi pression et réserve doivent être fixés à des pressions supérieures lors d'une plongée profonde.

Exercice 3

Eric a décidé de remonter de 40m une ancre d'un poids apparent de 25Kg avec un parachute. Il met 20l d'air dans le parachute et remonte sur le bateau. Une fois sur le bateau, il commence à la remonter en tirant sur le boot d'amarrage. A partir de quelle profondeur l'ancre commencera-t-elle à remonter seule (on ne considérera ici que le poids de l'ancre) ?

Loi de Boyle-Mariotte:

- L'ancre commencera à remonter seule lorsqu'elle aura dépassé la profondeur à laquelle la poussée d'Archimède contrebalance le poids apparent de l'ancre.
- En eau douce cela se produira lorsque le volume du parachute sera de 25 litres (24,3 en mer).

Loi de Boyle-Mariotte:

- Calcul de la profondeur à laquelle cela se produira:

$$P_1 = 5 \text{ bars}$$

$$V_1 = 20 \text{ l}$$

$$P_2 = ?$$

$$V_2 = 25 \text{ l}$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{5 \times 20}{25} = 4 \text{ bars}$$

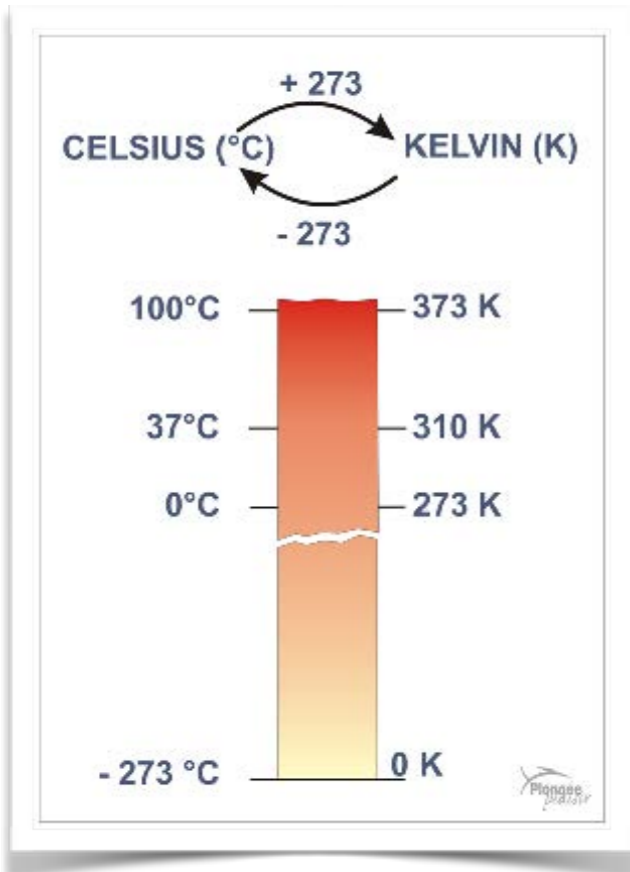
L'ancre commencera à remonter seule dès qu'elle aura dépassé la profondeur de 30m (4 bars)

Exercice 4

Ce matin avant de partir plonger vous avez gonflé votre bouteille de plongée à 230 bars (T° de l'air dans la bouteille 50°).
Arrivé sur site quelle pression indiquera votre manomètre (T° de l'air dans la bouteille 15°) ?

Loi de Charles:

Attention T doit être exprimée en Kelvin



Symbole	Désignation	Valeur
T1	Température	50° C
P1	Pression matin	230 bars
T2	Température site	15° C
P2	Pression site	

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2} = C^{te}$$

Loi de Charles:

1. Conversion °C/Kelvin

$$T1(K) = T1(^{\circ}C) + 273 = 50 + 273 = 323K$$

$$T2(K) = T2(^{\circ}C) + 273 = 15 + 273 = 288K$$

2. Calcul de la pression finale

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2} \quad \rightarrow \quad P2 = \frac{P1 \times T2}{T1} = \frac{230 \times 288}{323} = 205 \text{ bars}$$

En arrivant sur site, notre manomètre sera passé de 230 bars à 205 bars.

Exercice 5

Vous arrivez au Barrage de l'eau d'heure avec 2 blocs de plongée. Vous utilisez le premier pour la plongée du matin et laissez le deuxième en plein soleil à côté de votre voiture jusqu'à la plongée de l'après midi.

Quelle pression lirez vous sur votre manomètre l'après midi sachant que vous aviez 230 bars à 15° le matin au compresseur et que la température de votre bloc est maintenant de 65° ?



Loi de Charles:

- On a le matin:

$$P_1 = 230 \text{ bars et } T_1 = 15^\circ\text{C} = 15 + 273 = 288\text{K}$$

- L'après midi:

$$P_2 = ? \text{ et } T_2 = 65^\circ\text{C} = 65 + 273 = 338\text{K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times T_2}{T_1} = \frac{230 \times 338}{288} = 270 \text{ bars}$$

En laissant votre bloc au soleil, la pression à l'intérieur de celui-ci est passée de 230 à 270 bars.

Exercice 6

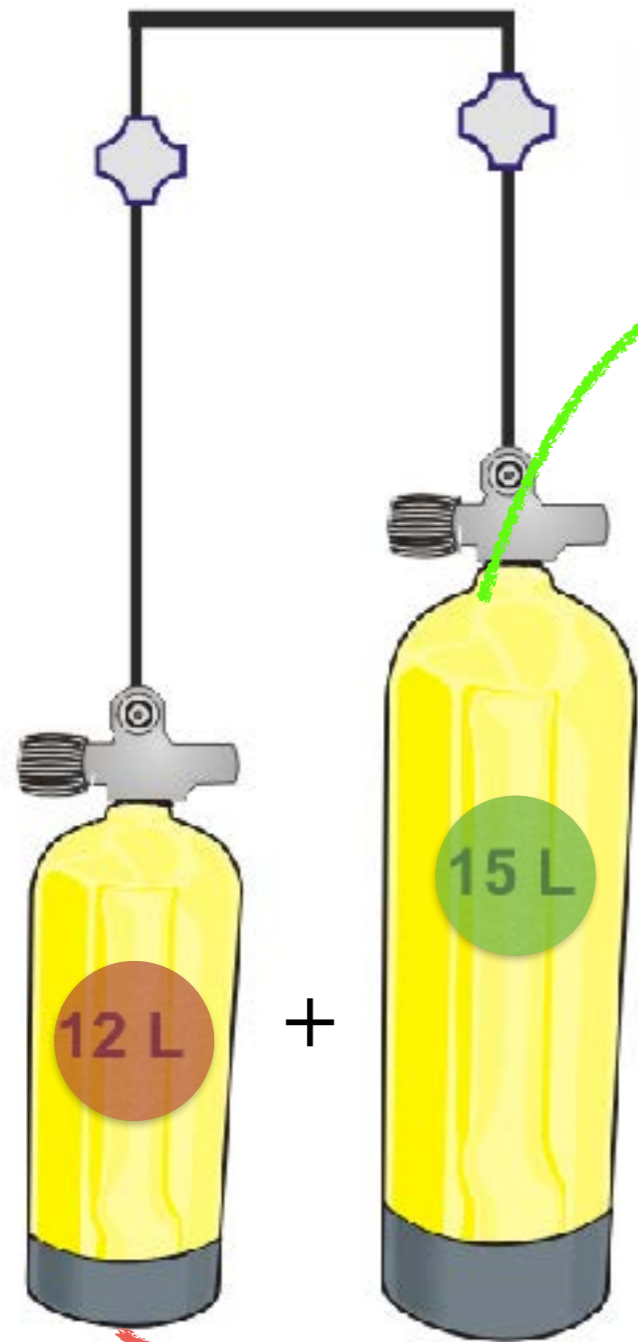


Prenons le cas de deux blocs:

- . un 12L avec une pression initiale de 30 bars
- . un 15L avec une pression initiale de 70 bars

Après la mise en communication de ces 2 blocs, quelle pression affichera le manomètre ?

Symbole	Désignation	Valeur
P1	Pression initiale du bloc 1	30 bars
V1	Volume du bloc 1	12L
P2	Pression initiale du bloc 2	70 bars
V2	Volume du bloc 2	15L
P	Pression d'équilibre	?

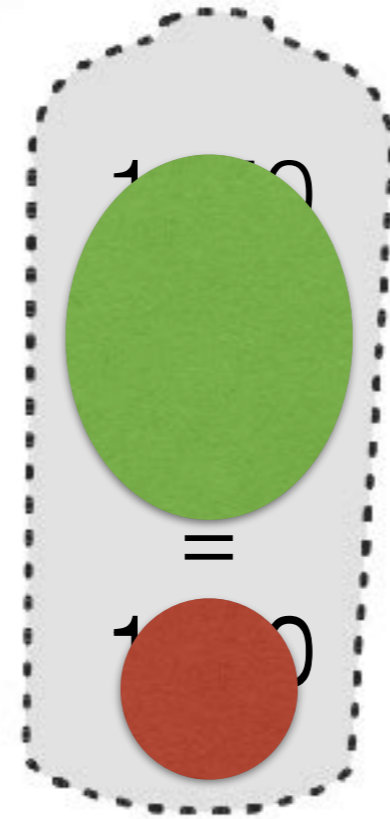


$$P_2 \times V_2 = 70 \times 15 = 1050 \text{ l}$$

+

15 L

12 L



$$12 + 15$$

$$= 27$$

$$P = \frac{1410}{27} = 52 \text{ bars}$$

$$P_1 \times V_1 = 30 \times 12 = 360 \text{ l}$$

- Le volume d'air contenu dans le bloc 1 est égal à
 $P_1 \times V_1 = 30 \times 12 = 360 \text{ l}$
- Le volume d'air contenu dans le bloc 2 est égal à
 $P_2 \times V_2 = 70 \times 15 = 1050 \text{ l}$
- Au total nous avons 1410l d'air répartis dans le volume total constitué des 2 blocs soit
 $V_1 + V_2 = 12 + 15 = 27 \text{ l}$
- La pression d'équilibre est de
 $P = (360 + 1050) / (12 + 15) = 1410 / 27 = 52 \text{ bars}$

Somme du nombre de litre d'air estant dans chaque bloc

$$P_{\text{équilibre}} = \frac{(P_1 \times V_1) + (P_2 \times V_2) + \dots + (P_n \times V_n)}{(V_1 + V_2 + \dots + V_n)}$$

Somme des volumes des blocs

A OUBLIER

MERCI DE VOTRE ATTENTION

