C 11 : DESCRIPTION D'UN FLUIDE* AU REPOS

*fluide = liquide ou gaz

I. GRANDEURS MACROSCOPIQUES DECRIVANT UN FLUIDE AU REPOS.

vidéo : stopper à 1 min 20
https://lycee.hachette-education.com/pc/1re/#C11_VID_Pression-et-force-pressantemp4

La description de la matière peut être faite au niveau microscopique ou macroscopique.

- L'approche microscopique décrit le comportement individuel des constituants d'un système (atomes, molécules, particules). Cependant, le nombre d'entités constituant la matière est trop important pour permettre l'application simple des lois de la mécanique à l'échelle microscopique.

➔ On a donc recours à une description macroscopique.

- L'approche macroscopique s'intéresse au comportement de **l'ensemble des constituants** du système ; le comportement collectif peut être décrit grâce à des grandeurs macroscopiques mesurables à l'échelle humaine : volume V, température T, pression p, masse volumique …

Fluide au repos	
Echelle microscopique	Echelle macroscopique
Agitation permanente des entités constituant le fluide	Température (en Kelvin (K))
Chocs des entités sur la surface S	Pression s'exerçant sur S (en Pa (Pascal))
Proximité des entités entre elles	Masse volumique (en $kg.m^{-3}$)

II. FORCE PRESSANTE.

vidéo : stopper à 1 min 50
https://lycee.hachette-education.com/pc/1re/#C11_VID_Pression-et-force-pressantemp4

a) Définition de la force pressante.

Une force pressante exercée par un système sur une surface modélise l'action mécanique de contact qu'exerce ce système sur la surface considérée.

b) Représentation d'une force pressante :

Une telle force présente les caractéristiques suivantes :

-direction : perpendiculaire à la surface pressée
-sens : du milieu agissant vers la surface pressée
-point d'application : centre de la surface de contact.
-norme : dépend de l'intensité de la pression et de la surface de la paroi.

Un gaz exerce une force pressante sur les parois du récipient qui le contient. Cette force est toujours perpendiculaire à la paroi.

c) Définition de la pression (se note « p ») :

Soit S la surface sur laquelle s'exerce la force pressante F ; on définit la pression p s'exerçant sur S comme :

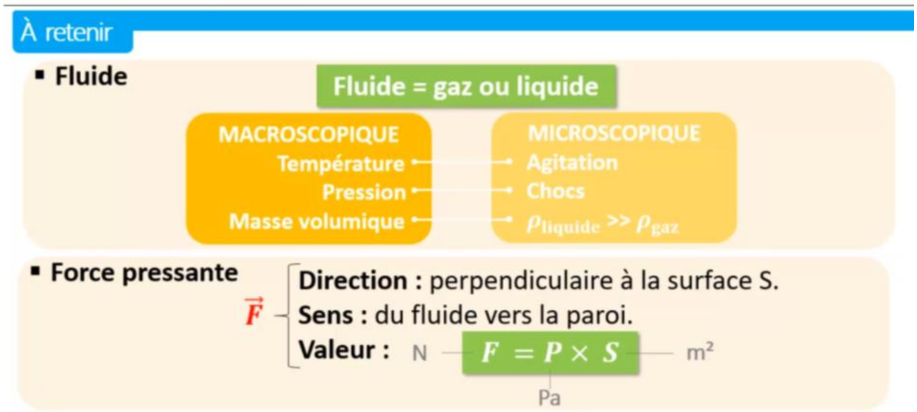
p = F / S **avec p en Pascal (Pa), F en Newton (N) et S en m^2.**

Application 1 : soit un fluide exerçant une force de 10 N sur une surface d'aire S = 20 cm^2 ; calculer la pression du fluide sur la surface.
p = F / S avec F = 10 N et S = 20 cm^2 = 20 x 1 cm^2 = 20 x 1 $(cm)^2$ = 20 x 1 x$(10^{-2}\ m)^2$ = $2{,}0.10^{-3}\ m^2$
p = $5{,}0.10^3$ Pa

Remarques :
-L'unité légale de la pression est le Pascal mais on utilise une unité plus commode qui est le bar :
1 bar = 10^5 Pa ; on utilise aussi l'hectopascal (hPa), le millibar (mbar = hPa) ou le mmHg (1 bar = 760 mmHg).
-Une pression se mesure à l'aide d'un **manomètre.** Un **baromètre** mesure uniquement la pression atmosphérique (permettant de prévoir les dépressions).

Application 2 : montrer que la pression atmosphérique est voisine de 1 bar.
Données : P(atm) = 1013,25 hPa à 0 m d'altitude et à 15°C.

P(atm) = 1013,25 hPa = $1013{,}25.10^2$ Pa = 101325 Pa = $1.01325.10^5$ Pa = 1,01325 bar ≈ 1 bar.



III. PRESSION DANS UN FLUIDE INCOMPRESSIBLE* AU REPOS.

*incompressible = qui ne peut pas être réduit en volume (on peut dire aussi dont V est constant)
Les liquides sont incompressibles ; les gaz par contre sont compressibles.

Cette partie III s'applique donc uniquement aux fluides incompressibles càd aux LIQUIDES.
Nous allons voir comment varie la pression au sein des liquides.

vidéo : stopper à 1 min 50
https://lycee.hachette-education.com/pc/1re/#C11_VID_Pression-et-force-pressantemp4

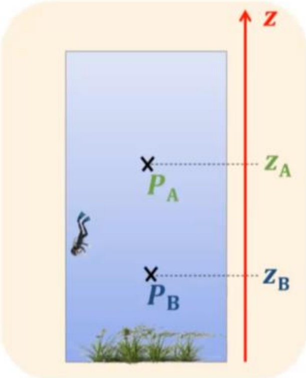
Loi fondamentale de la statique des fluides (relation à savoir utiliser uniquement) :

Pour un fluide **incompressible** et **au repos** :

$g = 9{,}81\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$

$$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$$

Pa ; m ; masse volumique du fluide en $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$



En considérant B en-dessous de A, on peut écrire aussi :

p(B) = p(A) + ρ(fluide).g.H avec H = hauteur entre les points A et B.

rq : pour les liquides, ρ est constant et ne dépend pas de la pression ; en revanche, il en est autrement pour les gaz dont la masse volumique dépend de la pression ; ainsi, la relation ci-dessus ne peut pas s'appliquer pour les gaz puisque ρ en A serait différent de ρ en B.

Montrer que la différence de pression entre A et B s'apparente au rapport entre le poids de la colonne d'eau entre A et B et la sirface S considérée :
Démo : $\Delta_{AB}p$ = Poids_colonne d'eau / S = m(colonne d'eau).g/S = ρ(eau).g.S.h_{AB} / S = ρ(eau).g.h_{AB}.

Application 3 : montrer que sous l'eau, la pression augmente de 1 bar tous les 10 m.

Calculons la variation de pression entre A et B lorsque H = 10 m.
p(B) = p(A) + ρ(eau).g.H = p(A) + 10^3 x 10 x 10 = p(A) + 10^5
On a donc une différence de pression Δp = p(B) – p(A) = 10^5 Pa = 1 bar.

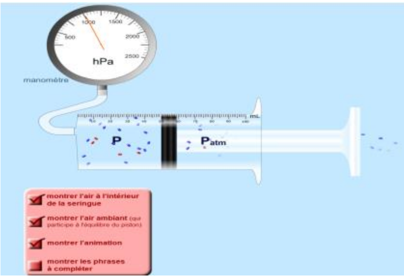
A retenir :
Dans un liquide :
-la pression augmente avec la profondeur
-2 points situés à des positions verticales différentes sont à des pressions différentes
-2 points situés à la même position verticale sont à la même pression.

IV. PRESSION DANS UN GAZ AU REPOS.

Nous allons voir comment varie la pression au sein des liquides.

TP à la maison :
Ouvrir l'animation ci-dessous.
https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/seconde/pression_volume_mariotte.htm

Cocher les 3 premières cases comme ci-dessous :



Questions :

1/ Comment évolue la pression du gaz à l'intérieur de la seringue lorsque vous déplacez le piston vers la gauche ? Justifier votre observation à l'aide d'une interprétation microscopique (chocs).

2/ Même question lorsque le piston est déplacé vers la droite.

3/ On se propose de vérifier la loi de Mariotte à savoir : à T et n constants, le produit p.V est constant pour un gaz avec p = pression du gaz et V = volume occupé par le gaz.

a) Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier la loi de Mariotte.
b) Réaliser les mesures (avec l'animation) sur une plage étendue de pression (à la fois compression (V ↓) et dilatation (V ↑)) et réaliser un tableau de mesures.
c) A l'aide de l'atelier scientifique, rentrer vos valeurs de p et V (pour cela, dans l'onglet tableau, double-cliquer sur A (1ère colonne) pour créer « p » et ensuite, double-cliquer sur B pour créer « V » ; les 2 lignes du haut doivent apparaître en jaune) ; tracer la courbe p = f(1/V) (il faudra auparavant créer la grandeur Inverse_V et la faire calculer (icône traitement de données < calcul) puis modéliser-la par le modèle qui convient le mieux. Noter l'équation de modélisation.
d) La loi de Mariotte est-elle vérifiée ? Justifier.

Correction :

vidéo explicative :
https://www.youtube.com/watch?v=bsO0fCAazP8&vl=fr

Animation :
https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/chimie/air_pression_flash.htm

1/ Lorsque le piston se déplace vers la gauche, l'air est comprimé, son V diminue donc le nombre de chocs est plus important sur la paroi du manomètre donc la pression augmente ; c'est bien ce que l'on observe.

2/ A l'inverse, lorsque le piston se déplace vers la gauche, l'air est dilaté, son V augmente donc le nombre de chocs est moins important sur la paroi du manomètre donc la pression diminue ; c'est bien ce que l'on observe.

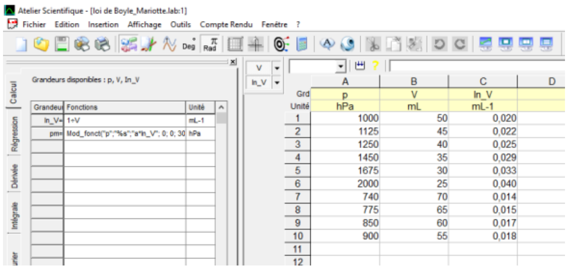
3/ a) Il faut réaliser des mesures de couples (p,V) ; pour cela, il faudra faire varier V grâce au piston et relever les valeurs de p sur le manomètre.

b) Les mesures sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

P (hPa)	740	775	850	900	1000	1125	1250	1450	1675	2000
V (mL)	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25

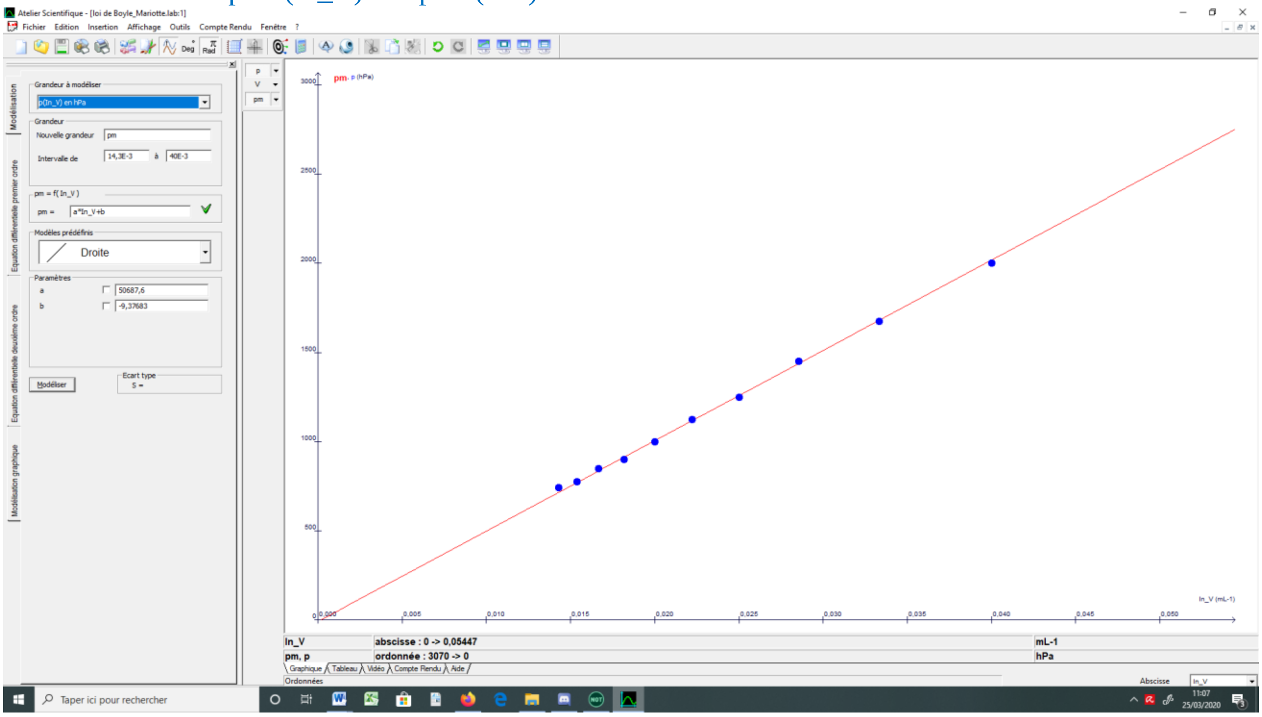
Dilatation ; Compression ; état normal à la Patm.

c) Tableau de valeurs obtenu (p et V sont à rentrer ; In_V ((= inverse de V = 1/V) est à calculer):



	A	B	C
Grd	p	V	In_V
Unité	hPa	mL	mL-1
1	1000	50	0,020
2	1125	45	0,022
3	1250	40	0,025
4	1450	35	0,029
5	1675	30	0,033
6	2000	25	0,040
7	740	70	0,014
8	775	65	0,015
9	850	60	0,017
10	900	55	0,018

Tracé de la courbe p = f(In_V) càd p = f(1/V) :



La courbe obtenue est une droite d'équation p = 50688 x (1/V) – 9,4

d) Interprétation : on obtient une droite dont l'ordonnée à l'origine est très petite et négligeable devant les valeurs de pression rencontrées. On peut donc pour la droite, « forcer » le passage par 0, en supprimant le paramètre « b » dans l'équation de modélisation.
On obtient alors : p = $50,7.10^3$ x (1/V) ce qui revient à écrire pV = cte avec la valeur de la cte = $50,7.10^3$ hPa.mL → la loi de Mariotte est donc bien vérifiée (la constante dépend de la température et du nombre de molécules de gaz).

rq : limite de la loi de Mariotte : <u>cette loi n'est valable qu'aux faibles pressions</u> car si p augmente trop (ou si V diminue trop fortement), on ne peut plus négliger le volume des entités (V est alors réduit) ni les interactions attractives entres les entités qui auront pour conséquence une diminution de la pression.

4/ Vers la Tale … la loi des gaz parfaits :

Enoncé : un gaz est dit parfait si la taille des entités qui le constitue est négligeable devant la distance moyenne qui les sépare : on peut alors négliger les interactions entre les entités. On retiendra qu'à faible pression, tous les gaz peuvent être assimilés à des gaz parfaits (GP).
L'équation qui relie les différentes caractéristiques du gaz parfait s'écrit :
p.V = n.RT avec :

- p = pression du gaz en Pascal (Pa)
- V = volume occupé par le gaz en m^3 (attention ici, pas en L !!!)
- n = qté de matière du gaz (mol)

T = température du gaz en Kelvin (K) et pas en degré Kelvin ! rappel : $T(K) = T(°C) + 273{,}15$
R = constante des gaz parfaits = 8,314 SI

Application 1 : retrouver l'unité de « R » dans le SI.
$R = pV / nT$ donc R serait en $Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$.

Application 2 : sous une pression de 1,20 bars et à 22 °C, un échantillon de gaz occupe un volume de 0,31 L. Déterminer la qté de matière de cet échantillon.

D'après la loi des GP, $pV = nRT$ donc $n = pV / RT = (1{,}20.10^5) \times 0{,}31.10^{-3} / (8{,}314 \times (22 + 273{,}15)) = 1{,}5.10^{-2}$ mol.

Application 3 : établir l'expression littérale du volume molaire des gaz puis calculer sa valeur à pression atmosphérique et 20 °C.
$V_m = V / n = RT / p = 8{,}314 \times (20 + 273{,}15) / 1{,}013.10^2 = 2{,}4.10^{-2}\ m^3.mol^{-1} = 24\ L.mol^{-1}$.