Louise Stassen
Noémie Zachée
Benjamin Desmae
Bryan Van Geesbergen
Groupe D

15/03/2012

16/20

Laboratoire de Physique

Etude de la masse volumique

but : approche experimentale de la masse volumique

I Notion de masse volumique et de densité

1) La masse volumique

La masse volumique est une grandeur physique qui caractérise la masse d'une substance par unité de volume.
Cette grandeur est notée par les lettres grecques ρ rhô ou μ mu en fonction des situations rencontrées.
?
Elle est déterminée par le rapport :

$$\underbrace{\rho}_{kg.m^{-3}} = \frac{m \rightarrow kg}{V \rightarrow kg}$$

=> système international.

où m est la masse de l'objet (en kg) et V le volume de l'objet (m^3)

2) La densité

La densité d'un corps A solide ou liquide est le quotient de la masse volumique de ce corps A par la masse volumique de l'eau (liquide de référence).

$$\underbrace{d}_{\text{sans unité}} = \frac{\rho_A \rightarrow kg.m^{-3}}{\rho_{eau} \rightarrow kg.m^{-3}}$$

II Recherche de l'expression de la masse volumique de façon expérimental

1) Méthode directe

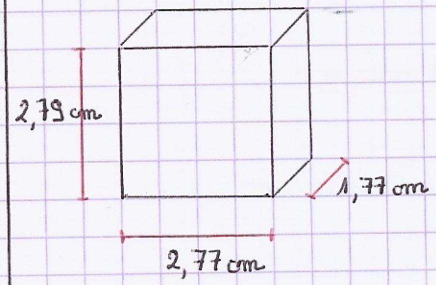
Pour les 3 expériences, on utilisera un pavé et deux cylindres (de masse différentes).

A l'aide d'un pied à coulisse, on détermine les dimensions des cylindres (d, h) et du pavée (L, ℓ, h) puis l'on calcule leurs volumes.

$$V_{cylindre} = \pi \frac{d^2}{4} h \qquad \text{et} \qquad V_{pavée} = L \times \ell \times h$$

Et dans un deuxième temps, on va mesurer leurs poids à l'aide d'une balance.
Grâce à ces deux paramètres, on pourra déterminer la masse volumique pour chaque objet puisque par définition $\rho = \frac{m}{V}$

a) Le pavée !



$m_1 = 107,25$ gr $\quad$ ($\Delta m = 0,01$ gr)

$V_1 = L \times \ell \times h$ $\quad$ ($\Delta_L = \Delta_\ell = \Delta_h = 0,01$ cm)

$V_1 = 2,77 \times 2,79 \times 1,77$

$V_1 = 13,67909$ cm^3

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1}$$

$$\rho_1 = \frac{107,25}{13,67909} = 7,84043 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$\frac{7,84043 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = \frac{7,84043 \times 10^{-3} \text{ kg}}{1 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\rho_1 = 7840,43 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\varepsilon_{\rho_1} = \varepsilon_{m_1} + \varepsilon_{V_1}$$

$$\frac{\Delta \rho_1}{\rho_1} = \frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta V_1}{V_1}$$

$$\Delta \rho_1 = \left(\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta V_1}{V_1}\right) \rho_1$$

$$\Delta \rho_1 = \left(\frac{0,01}{107,25} + \frac{0,17}{13,67909}\right) \times 7840,43$$

$$\Delta \rho_1 = 98,17 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\varepsilon_{V_1} = \varepsilon_{L_1} + \varepsilon_{\ell_1} + \varepsilon_{h_1}$$

$$\frac{\Delta V_1}{V_1} = \frac{\Delta L_1}{L_1} + \frac{\Delta \ell_1}{\ell_1} + \frac{\Delta h_1}{h_1}$$

$$\Delta V_1 = \left(\frac{\Delta L_1}{L_1} + \frac{\Delta \ell_1}{\ell_1} + \frac{\Delta h_1}{h_1}\right) \times V_1$$

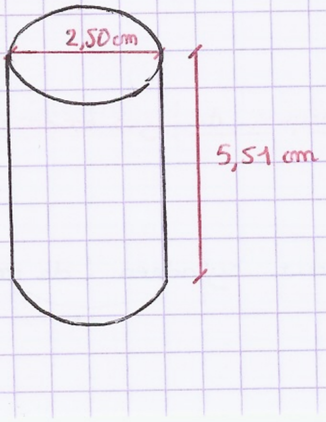
$$\Delta V_1 = \left(\frac{0,01}{2,77} + \frac{0,01}{2,79} + \frac{0,01}{1,77}\right) \times 13,67909$$

$$\Delta V_1 = 0,17 \text{ cm}^3$$

$$\boxed{\rho_1 = (7840,43 \pm 98,17) \text{ kg.m}^{-3}}$$

✓ 101,4

b) cylindre 1



$m_2 = 210,90$ gr $\quad$ ($\Delta m = 0,01$ gr)

$V_2 = \pi \frac{d^2}{4} h$ $\quad$ ($\Delta_d = \Delta_h = 0,01$ cm)

$V_2 = \pi \times \frac{2,50^2}{4} \times 5,51$

$V_2 = 27,04714$ cm^3

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2}$$

$$\rho_2 = \frac{210,90}{27,04714} = 7,79745 \ g.cm^{-3}$$

$$\frac{7,79745 \ g}{1 \ cm^3} = \frac{7,79745 \times 10^{-3} \ kg}{1 \times 10^{-6} \ m^3}$$

$$\rho_2 = \underline{7797,45 \ kg.m^{-3}}$$

$$\varepsilon \rho_2 = \varepsilon m_2 + \varepsilon V_2$$

$$\frac{\Delta \rho_2}{\rho_2} = \frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta V_2}{V_2}$$

$$\Delta \rho_2 = \left(\frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta V_2}{V_2}\right) \times \rho_2$$

$$\Delta \rho_2 = \left(\frac{0,01}{210,90} + \frac{0,26}{27,04714}\right) \times 7797,45$$

$$\underline{\Delta \rho_2 = 75,34 \ kg.m^{-3}}$$

$$\varepsilon V_2 = \varepsilon d_2 + \varepsilon d_2 + \varepsilon h_2$$

$$\frac{\Delta V_2}{V_2} = \frac{\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta h_2}{h_2}$$

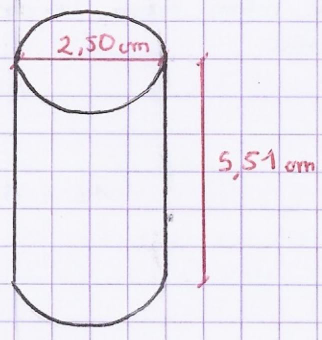
$$\Delta V_2 = \left(\frac{\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta h_2}{h_2}\right) \times V_2$$

$$\Delta V_2 = \left(\frac{0,01}{2,50} + \frac{0,01}{2,50} + \frac{0,01}{5,51}\right) \times 27,04714$$

$$\underline{\Delta V_2 = 0,26 \ cm^3}$$

$$\boxed{\rho_2 = (7797,45 \pm 75,34) \ kg.m^{-3}}$$ ✓

c) cylindre 2



$$m_3 = 75,57 \ gr \quad (\Delta m = 0,01 \ gr)$$

$$V_3 = \pi \frac{d^2}{4} h \quad (\Delta d = \Delta h = 0,01 \ cm)$$

$$V_3 = \pi \times \frac{2,50^2}{4} \times 5,51$$

$$V_3 = 27,04714 \ cm^3$$

$$\rho_3 = \frac{m_3}{V_3}$$

$$\rho_3 = \frac{75,57}{27,04714} = 2,79401 \ g.cm^{-3}$$

$$\frac{2,79401 \ g}{1 \ cm^3} = \frac{2,79401 \times 10^{-3} \ kg}{1 \times 10^{-6} \ m^3}$$

$$\rho_3 = \underline{2794,01 \ kg.m^{-3}}$$

$$\varepsilon \rho_3 = \varepsilon m_3 + \varepsilon V_3$$

$$\frac{\Delta \rho_3}{\rho_3} = \frac{\Delta m_3}{m_3} + \frac{\Delta V_3}{V_3}$$

$$\Delta \rho_3 = \left(\frac{\Delta m_3}{m_3} + \frac{\Delta V_3}{V_3}\right) \times \rho_3$$

$$\Delta \rho_3 = \left(\frac{0,01}{75,57} + \frac{0,26}{27,04714}\right) \times 2794,01$$

$$\underline{\Delta \rho_3 = 27,23 \ kg.m^{-3}}$$

$$\varepsilon V_3 = \varepsilon d_3 + \varepsilon d_3 + \varepsilon h_3$$

$$\frac{\Delta V_3}{V_3} = \frac{\Delta d_3}{d_3} + \frac{\Delta d_3}{d_3} + \frac{\Delta h_3}{h_3}$$

$$\Delta V_3 = \left(\frac{\Delta d_3}{d_3} + \frac{\Delta d_3}{d_3} + \frac{\Delta h_3}{h_3}\right) \times V_3$$

$$\Delta V_3 = \left(\frac{0,01}{2,50} + \frac{0,01}{2,50} + \frac{0,01}{5,51}\right) \times 27,04714$$

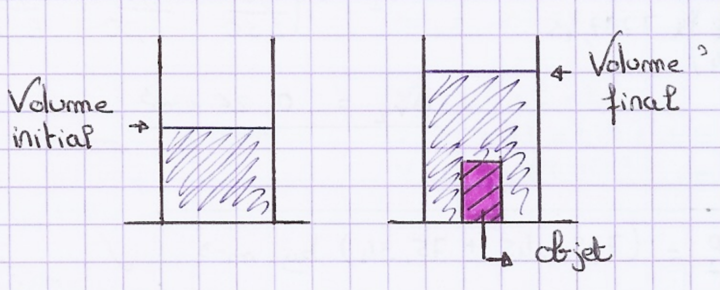
$$\Delta V_3 = \underline{0,26 \ cm^3}$$

$$\boxed{\rho_3 = (2794,01 \pm 27,23) \ kg.m^{-3}}$$ ✓

2) La méthode des éprouvettes

L'inconveniant de cette méthode, c'est que l'on est limité dans le diamètre des éprouvettes gradués.
Cette méthode consiste à observer si la masse de l'objet a une influence sur le volume d'eau déplacer.
Suite à cette experience, nous avons pu observer que la masse n'a aucune influence.

Pour cette méthode, on plonge notre objet dans une éprouvette gradué remplie d'eau de distribution. Grâce à cette méthode, l'on obtient le volume de l'objet qui correspond au volume d'eau déplacer. ~~car l'on considère que 1 litre d'eau = 1 kg~~. ??



$$V_{objet} = \text{Volume final} - \text{Volume initial}.$$

Grâce au volume que l'on determinera et de la masse peser dans l'experience 1, on pourra déterminer la masse volumique de chaque objet.

a) Le pavée.

$m_1 = 107,19\,gr$ $\quad (\Delta m_1 = 0,01\,gr)$ $\qquad 1L = 1dm^3$

la masse a changé ?

V_1 initial $= 110\,ml$
V_1 final $= 124\,ml$ $\Big\}$ $(\Delta v_1 = 2\,ml)$

V_1 objet $= V_1$ final $- V_1$ initial.
$V_1 = 124 - 110$
$V_1 = 14\,ml$

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1}$$

$$\rho_1 = \frac{107,19 \times 10^{-3}}{14 \times 10^{-6}}$$

$$\rho_1 = 7656,43\ kg.m^{-3}$$

$$\varepsilon\rho_1 = \varepsilon m_1 + \varepsilon v_1$$

$$\frac{\Delta\rho_1}{\rho_1} = \frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta v_1}{v_1}$$

$$\Delta v_1 = \Delta v_1 \text{ final} - \Delta v_1 \text{ initial}$$

$$\Delta\rho_1 = \left(\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta v_1}{V_1}\right) \times \rho_1$$

$$\Delta v_1 = 2 + 2$$
$$\Delta v_1 = 4\ ml$$
$$\Delta v_1 = 4 \times 10^{-6}\ m^3$$

$$\Delta\rho_1 = \left(\frac{0,01}{107,19} + \frac{4}{14}\right) \times 7656,43$$

$$\Delta\rho_1 = 2188,26\ kg.m^{-3}$$

$$\boxed{\rho_1 = (7656,43 \pm 2188,26)\ kg.m^{-3}}$$

correct ! (Autant pour moi)

b) Cylindre 1

$m_2 = 210,90\,gr$ $(\Delta m_2 = 0,01\,gr)$

V_2 initial $= 110\,ml$
V_2 final $= 134\,ml$ $\}$ $(\Delta V_2 = 2\,ml)$

V_2 objet $= V_2$ final $- V_2$ initial
$V_2 = 134 - 110$
$V_2 = 24\,ml$

$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2}$

$\rho_2 = \frac{210,90 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-6}}$

$\rho_2 = 8787,5\ kg.m^{-3}$

$\mathcal{E}\rho_2 = \mathcal{E}m_2 + \mathcal{E}v_2$

$\frac{\Delta\rho_2}{\rho_2} = \frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta v_2}{V_2}$

$\Delta v_2 = \Delta v_2$ final $- \Delta v_2$ initial

$\Delta\rho_2 = \left(\frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta v_2}{V_2}\right) \times \rho_2$

$\Delta v_2 = 2 + 2$
$\Delta V_2 = 4\,ml$
$\Delta V_2 = 4 \times 10^{-6}\,m^3$

$\Delta\rho_2 = \left(\frac{0,01}{210,90} + \frac{4}{24}\right) \times 8787,5$

$\Delta\rho_2 = 1465\ kg.m^{-3}$

$$\boxed{\rho_2 = (8787,5 \pm 1465)\ kg.m^{-3}}$$

c) Cylindre 2

$m_3 = 75,57\,gr$ $(\Delta m_3 = 0,01\,gr)$

V_3 initial $= 110\,ml$
V_3 final $= 134\,ml$ $\}$ $\Delta v_3 = 2\,ml$

V_3 objet $= V_3$ final $- V_3$ initial
$V_3 = 134 - 110$
$V_3 = 24\,ml$

$\rho_3 = \frac{m_3}{V_3}$

$\rho_3 = \frac{75,57 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-6}}$

$\rho_3 = 3148,75\ kg.m^{-3}$

$\mathcal{E}\rho_3 = \mathcal{E}m_3 + \mathcal{E}v_3$

$\frac{\Delta\rho_3}{\rho_3} = \frac{\Delta m_3}{m_3} + \frac{\Delta v_3}{V_3}$

$\Delta v_3 = \Delta v_3$ final $+ \Delta v_3$ initial

$\Delta\rho_3 = \left(\frac{\Delta m_3}{m_3} + \frac{\Delta v_3}{V_3}\right) \times \rho_3$

$\Delta v_3 = 2 + 2$
$\Delta v_3 = 4\,ml$
$\Delta V_3 = 4 \times 10^{-6}\,m^3$

$\Delta\rho_3 = \left(\frac{0,01}{75,57} + \frac{4}{24}\right) \times 3148,75$

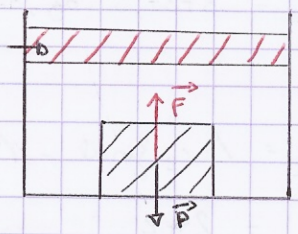
$\Delta\rho_3 = 525,21\ kg.m^3$

$$\boxed{\rho_3 = (3148,75 \pm 525,21)\ kg.m^{-3}}$$

3) La méthode d'Archimède

principe d'Archimède : Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la la part de celui-ci une poussé verticale, dirigée de bas en haut et égale au poids du volume de fluide deplacé.

La poussé d'archimède est égale au poids de l'eau du volume de l'objet c'est à dire que le volume d'eau deplacé est égale au volume de l'objet.



Lorsque l'on immerge un corps dans de l'eau, les forces qui sont exercées sur celui-ci sont :
$\vec{F}$: la poussé d'archimède
$\vec{P}$: le poids du corps.

Si la force $\vec{P}$ a une intensité plus elevée que $\vec{F}$, le corps ne remonte pas, il a seulement un poids apparament plus faible que son poids réel.
au contraire si la force $\vec{F}$ à une intensité plus elevée que la force $\vec{P}$, l'objet monte jusqu'au moment ou ces 2 forces ont la même intensité, elles s'annulent et le corps flotte.

Principe de l'experience

On utilise une balance sur laquelle on pose un statif. On fixe sur le statif un fil inextensible auquel on va suspendre a son extremité un objet (pavé ou cylindre). On tare la balance ce qui a pour conséquence de la mettre a zero, puis l'on plonge le cylindre ou pavé dans un becher rempli d'eau.

csq : la balance indique un chiffre negatif car la poussé d'archimède s'applique sur l'objet. La valeur correspond à la poussé d'Archimède donc au volume d'eau déplacé (dc le volume de l'objet).

$$\rho_{eau} = \frac{m_{eau}}{V_{eau\ déplacé}}$$

$$V_{eau} = \frac{m_{eau}}{\rho_{eau}}$$

m^3 ; kg ; $kg.m^{-3}$ (998 ± 5 $kg.m^{-3}$)

a) Le pavé

$m_1\ eau = 14,51\,g$ ($\Delta m_1 = 0,01\,g$)

$$V_1\ eau = \frac{m_1\ eau}{\rho\ eau}$$

$$V_1\ eau = \frac{14,51 \times 10^{-3}}{998}$$

$$V_1\ eau = 1,454 \times 10^{-5}\ m^3$$

$$\varepsilon_{V_1\,eau} = \varepsilon_{m_1\,eau} + \varepsilon_{\rho\,eau}$$

$$\Delta_{V_1\,eau} = \left(\frac{\Delta m_1\,eau}{m_1\,eau} + \frac{\Delta \rho\,eau}{\rho\,eau}\right) \times V_1\,eau$$

$$\Delta_{V_1\,eau} = \left(\frac{0,01}{14,51} + \frac{5}{998}\right) \times 1,454 \times 10^{-5}$$

$$\Delta_{V_1\,eau} = 8,28 \times 10^{-8}\ m^3$$

il y a plus simple...

$$V_1\,eau = (1,454 \times 10^{-5} \pm 8,28 \times 10^{-8})\ m^3$$

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1}$$

$$\rho_1 = \frac{107,25 \times 10^{-3}}{1,454 \times 10^{-5}}$$

$$\rho_1 = 6\cancel{941},74\ kg.m^{-3}$$

? 7376,7

$$\varepsilon \rho_1 = \varepsilon m_1 + \varepsilon v_1$$

$$\Delta \rho_1 = \left(\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta v_1}{V_1}\right) \times \rho_1$$

$$\Delta \rho_1 = \left(\frac{0,01}{107,25} + \frac{8,28 \times 10^{-8}}{1,454 \times 10^{-5}}\right) \times 6941,74$$

$$\Delta \rho_1 = 40,18\ kg.m^{-3}$$

calculs corrects.

$$\boxed{\rho_1 = (6\cancel{941},74 \pm 40,18)\ kg.m^{-3}}$$

42,73

b) Cylindre 1

$$m_2\,eau = 25,56\ g \quad (\Delta m_2 = 0,01\ g)$$

$$V_2\,eau = \frac{m_2\,eau}{\rho\,eau}$$

$$V_2\,eau = \frac{25,56 \times 10^{-3}}{998}$$

$$V_2\,eau = 2,56 \times 10^{-5}\ m^3$$

$$\varepsilon_{V_2\,eau} = \varepsilon_{m_2\,eau} + \varepsilon_{\rho\,eau}$$

$$\Delta_{V_2\,eau} = \left(\frac{\Delta m_2\,eau}{m_2\,eau} + \frac{\Delta \rho\,eau}{\rho\,eau}\right) \times V_2\,eau$$

$$\Delta_{V_2\,eau} = \left(\frac{0,01}{25,56} + \frac{5}{998}\right) \times 2,56 \times 10^{-5}$$

$$\Delta_{V_2\,eau} = 1,38 \times 10^{-8}\ m^3$$

$$V_2\,eau = (2,56 \times 10^{-5} \pm 1,38 \times 10^{-8})\ m^3$$

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2}$$

$$\rho_2 = \frac{210,90 \times 10^{-3}}{2,56 \times 10^{-5}}$$

$$\rho_2 = 8238,28\ kg.m^{-3}$$

$$\varepsilon \rho_2 = \varepsilon m_2 + \varepsilon v_2$$

$$\Delta \rho_2 = \left(\frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta v_2}{V_2}\right) \times \rho_2$$

$$\Delta \rho_2 = \left(\frac{0,01}{210,90} + \frac{1,38 \times 10^{-8}}{2,56 \times 10^{-5}}\right) \times 8238,28$$

$$\Delta \rho_2 = 4,83\ kg.m^{-3}$$

?

$$\boxed{\rho_2 = (8238,28 \pm \cancel{4,83})\ kg.m^{-3}}$$

44,87

c) Cylindre 2

$m_3 \, eau = 25,56 \, g \quad (\Delta m_3 = 0,01 g)$

$V_3 \, eau = \dfrac{m_3 \, eau}{\rho eau}$

$V_3 \, eau = \dfrac{25,56 \times 10^{-3}}{998}$

$V_3 \, eau = 2,56 \times 10^{-5} \, m^3$

$\mathcal{E} V_3 \, eau = \mathcal{E} m_3 \, eau + \mathcal{E} \rho eau$

$\Delta V_3 \, eau = \left(\dfrac{\Delta m_3 \, eau}{m_3 \, eau} + \dfrac{\Delta \rho eau}{\rho eau} \right) \times V_3 \, eau$

$\Delta V_3 \, eau = \left(\dfrac{0,01}{25,56} + \dfrac{5}{998} \right) \times 2,56 \times 10^{-5}$

$\Delta V_3 \, eau = 1,38 \times 10^{-8} \, m^3$

$$V_3 \, eau = (2,56 \times 10^{-5} \pm 1,38 \times 10^{-8}) \, m^3$$

$\rho_3 = \dfrac{m_3}{V_3}$

$\rho_3 = \dfrac{75,57 \times 10^{-3}}{2,56 \times 10^{-5}}$

$\rho_3 = 2951,95 \, kg.m^{-3}$

$\mathcal{E} \rho_3 = \mathcal{E} m_3 + \mathcal{E} V_3$

$\Delta \rho_3 = \left(\dfrac{\Delta m_3}{m_3} + \dfrac{\Delta V_3}{V_3} \right) \times \rho_3$

$\Delta \rho_3 = \left(\dfrac{0,01}{75,57} + \dfrac{1,38 \times 10^{-8}}{2,56 \times 10^{-5}} \right) \times 2951,95$

$\Delta \rho_3 = 1,98 \, kg.m^{-3}$

$$\boxed{\rho_3 = (2951,95 \pm \cancel{1,98}) \, kg.m^{-3}}$$

16,33

III Conclusion

L'objectif de ces experiences était de faire une approche experimental de la masse volumique.
Pour faire cette approche, nous avons realisé 3 experiences basé sur 3 methodes differentes qui sont :
- la methode directe
- la méthode des éprouvettes
- la methode d'Archimede

Ces 3 methodes nous ont permis de calculer la masse volumique du pavé et de deux cylindres à partir de la formule suivante : $\rho = \dfrac{m}{V}$.

Nous avons obtenu des resultats differents selon les experiences, cela peut s'expliquer par une imprecision lors du relevé des resultat ou bien des arrondi lors des calculs.
L'expérience 2 et 3 nous a montré que la masse de l'objet n'influencait pas sur le volume d'eau deplacé ainsi que la poussé d'archimede.
L'experience 3 c'est revelé être plus fiable que les deux autre étant donné que la balance nous donne directement la poussé d'Archimede qui est le volume d'eau déplacé donc au volume de l'objet.

	méthode directe			méthode éprouvettes			méthode d'Archimède		
	pavé	cylindre 1	cylindre 2	pavé	cylindre 1	cylindre 2	pavé	cylindre 1	cylindre 2
ρ ($kg.m^{-3}$)	7840,43	7797,45	2794,01	7656,43	8787,5	3148,75	6961,74	8238,28	2951,95
$\Delta\rho$ ($kg.m^{-3}$)	98,17	75,34	27,23	2188,26	1465	525,21	40,18	4,83	1,98