

Méthode 1 (expérimentale et assez mathématique) pour établir la formule :

$$F_A = \rho_{\text{liq}} \cdot V_i \cdot g$$

1. Par expérimentation réalisée par les élèves (si possible) mesurer la force d'Archimède sur des volumes étalonnés immergés complètement dans de l'eau.

On peut réaliser facilement du petit matériel

- Tuyau en PVC de diamètre 32 mm
- Couper des longueurs a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, 7a, 8a (prendre a = 1cm par exemple)
- Remplir les tuyaux de plâtre en positionnant un petit crochet avant la prise du plâtre
- Laisser sécher
- Peindre les solides

Les volumes sont proportionnels à la hauteur ($V_1 = 8 \text{ cm}^3$, $V_2 = 16 \text{ cm}^3$, $V_3 = 24 \text{ cm}^3$, $V_5 = 40 \text{ cm}^3$, $V_6 = 48 \text{ cm}^3$, $V_7 = 56 \text{ cm}^3$, $V_8 = 64 \text{ cm}^3$...).

et détermination de la formule par les élèves en utilisant l'outil graphique

$$F_A = k_1 \cdot V_i$$

k_1 en N/m^3

2. Par expérimentation réalisée par les élèves (si possible)

Mesurer la force d'Archimède sur un solide de volume déterminé immergé complètement dans trois liquides différents (eau salée (solution saturée en sel), eau et de l'alcool).

et détermination de la formule par les élèves en utilisant l'outil graphique :

$$F_A = k_2 \cdot \rho_{\text{liq}}$$

k_2 en $\text{N.m}^3 / \text{kg}$

des deux coefficients de proportionnalité en déduire :

$$F_A = \rho_{\text{liq}} \cdot V_i \cdot g$$

Méthode 2

Matériel

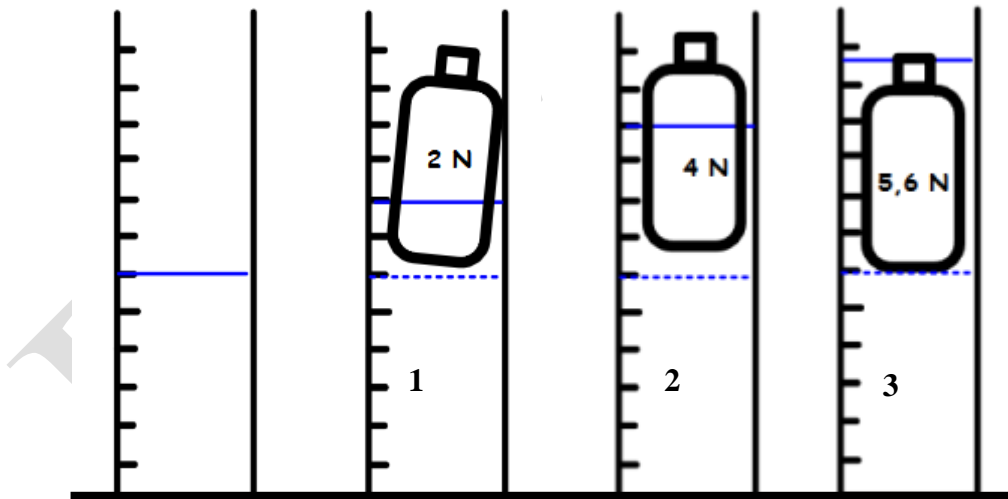
- Un vase (acheté en grande surface) idéalement à base carrée assez haut pour pouvoir contenir complètement immergé une bouteille de $\frac{1}{2}$ L
- Bouteilles en plastique de 1/2 L (toutes de la même marque)
- Sable
- Colson

Préparation

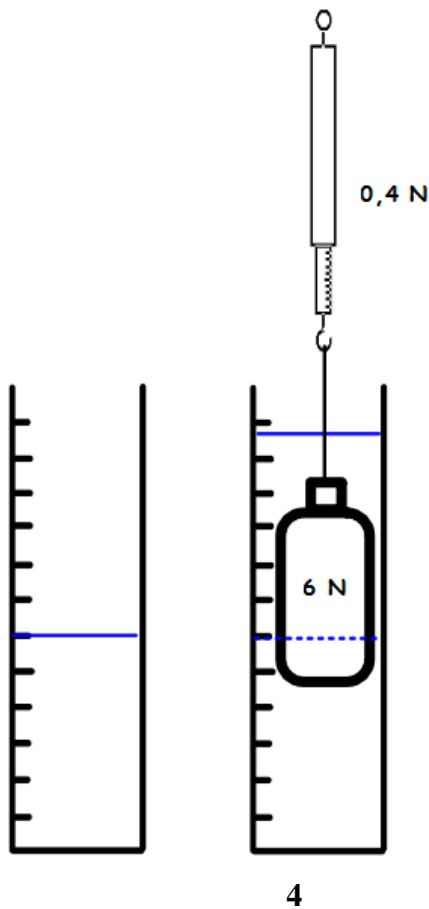
1. Graduer le vase de 100 en 100 cm^3 .
2. Remplir partiellement les bouteilles en plastique de sable pour avoir une collection de bouteille de 1 N ; 2 N ; 3 N ; 4N ; 5 N ; 5,6 N ; 6 N ; 7 N ; 8 N
3. Placer un anneau métallique à l'aide d'un colson au goulot pour pouvoir les suspendre à un dynamomètre (ou une ficelle).

NB : Faire consigner les résultats dans un tableau.

a. Corps flottants

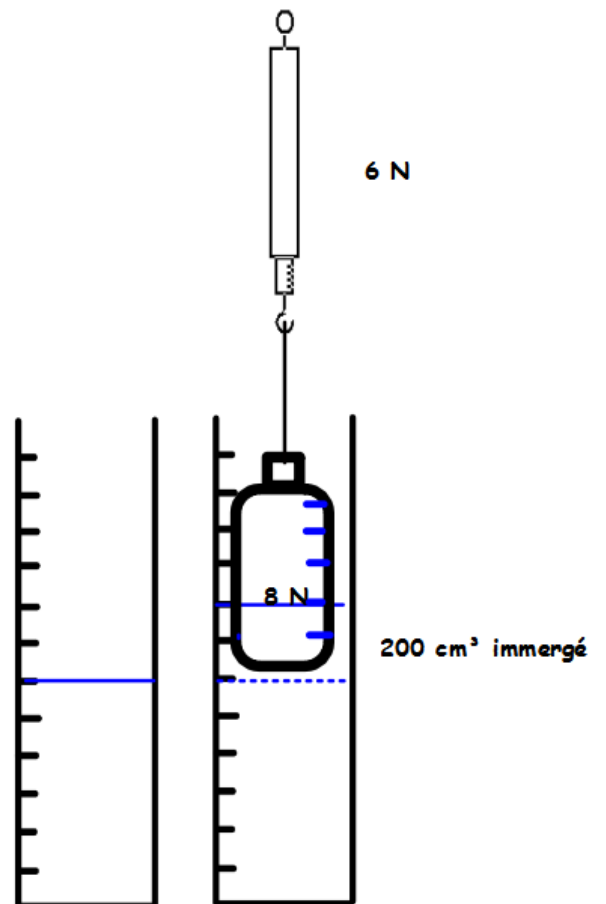
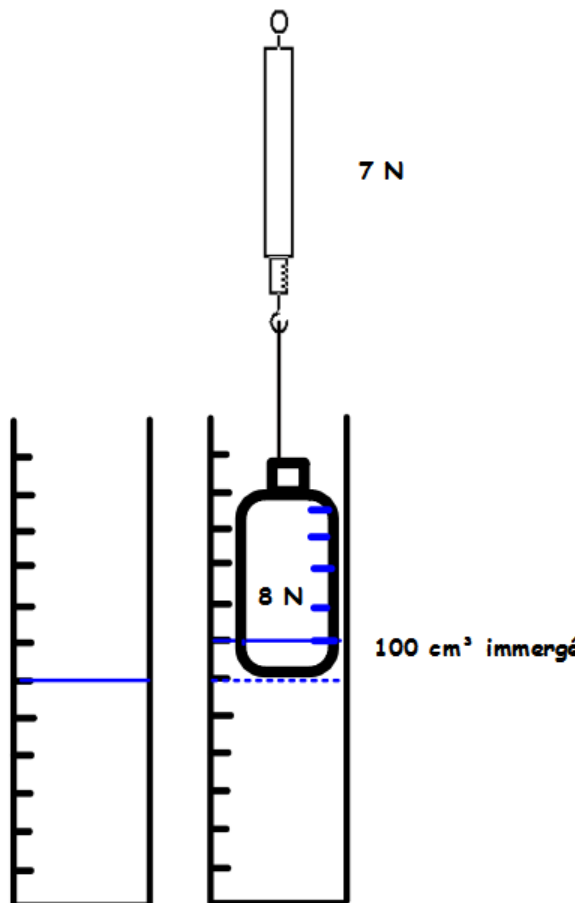


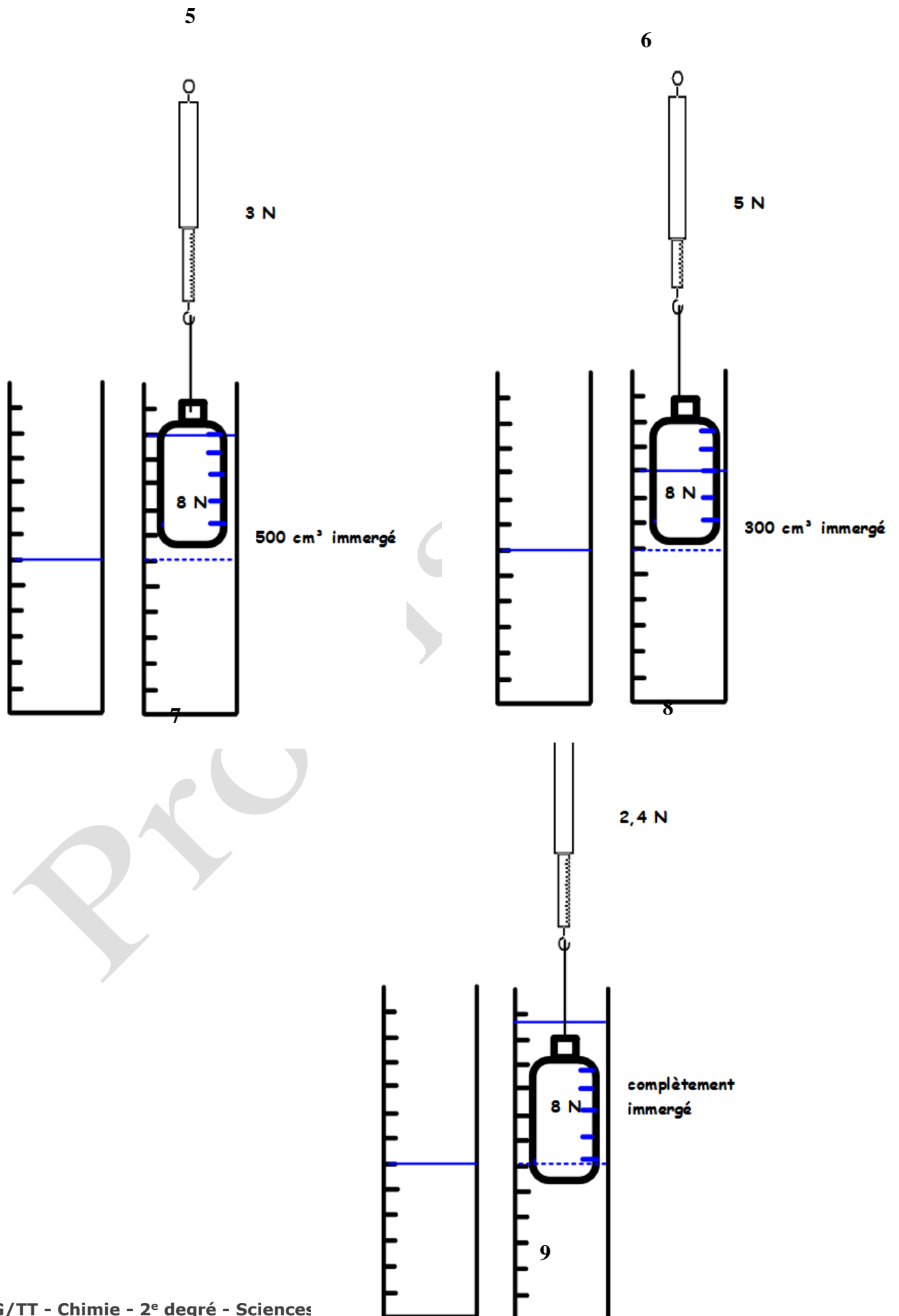
Corps non flottants

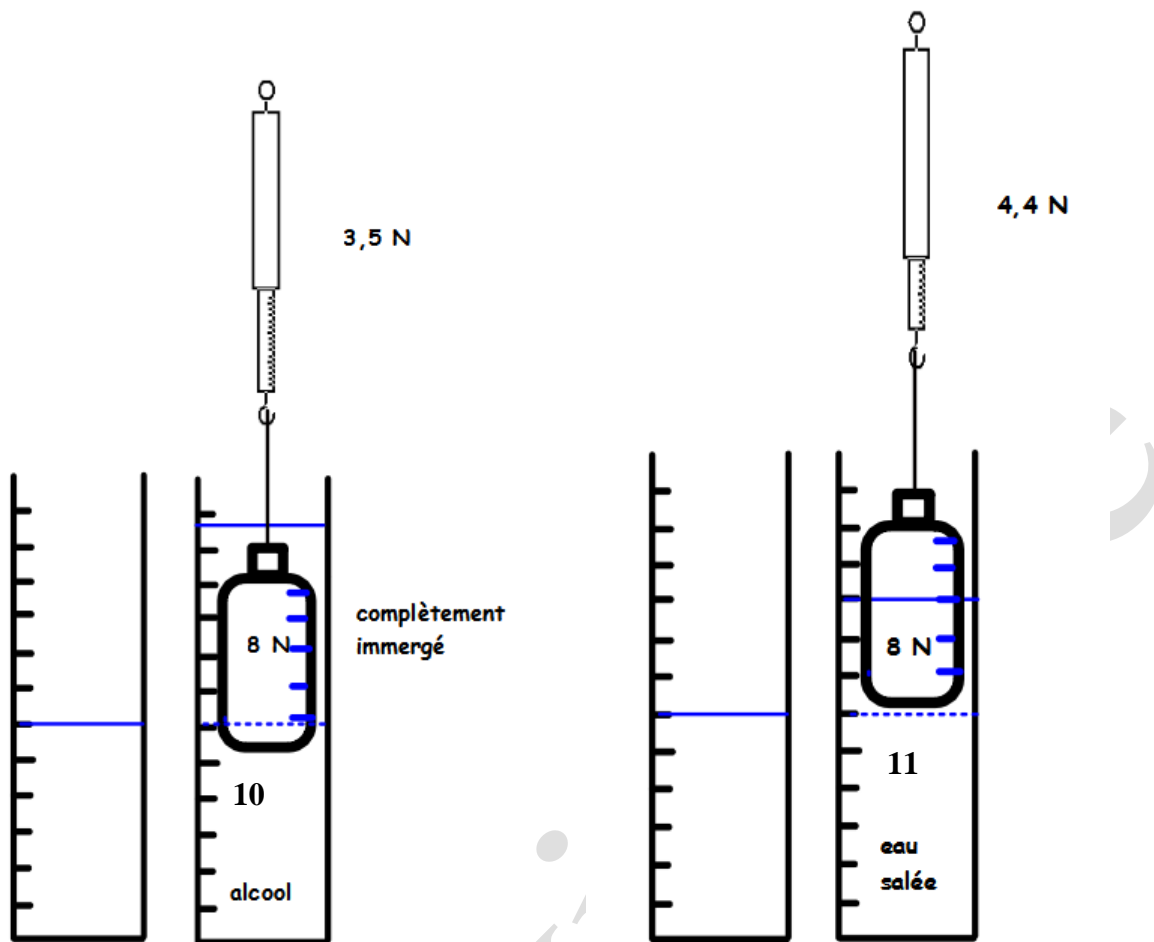


Graduer une bouteille de 8 N de 100 en 100 cm³

Immerger 100 cm³ de la bouteille, ensuite 200 cm³, 300 cm³, 400 cm³, 500 cm³ et ensuite complètement la bouteille.







Bouteille	Poids de la bouteille	Liquide	Bouteille flotte ou coule	Volume immergé de la bouteille	Volume de liquide dont la bouteille prend la place	Indication dynamomètre	Force d'Archimède	Poids du volume de liquide dont la bouteille prend la place
	G			V_I	V_{LIQ}	$G - F_a$	F_a	G_{LIQ}
1	2 N	eau	flotte	200 cm ³	200 cm ³	0 N	2 N	2 N
2	4 N	eau	flotte	400 cm ³	400 cm ³	0 N	4 N	4 N
3	5,6 N	eau	flotte entièrement immergée	560 cm ³	560 cm ³	0 N	5,6 N	5,6 N
4	6 N	eau	coule	complètement immergée 560 cm ³	560 cm ³	0,4 N	5,6 N	5,6 N
5	8 N	eau	coule	100 cm ³	100 cm ³	7 N	1 N	1 N
6	8 N	eau	coule	200 cm ³	200 cm ³	6 N	2 N	2 N
7	8 N	eau	coule	500 cm ³	500 cm ³	3 N	5 N	5 N
8	8 N	eau	coule	300 cm ³	300 cm ³	5 N	3 N	3 N

9	8 N	eau	coule	complètement immergée 560 cm ³	560 cm ³	2,4 N	5,6 N	5,6 N
10	8 N	alcool	coule	complètement immergée 560 cm ³	560 cm ³	4,5 N	3,5 N	3,5 N*1
11	8 N	eau salée	coule	300 cm ³	300 cm ³	4,4 N	3,6 N	3,6 N*2

*1 G de 560 cm³ d'alcool = 0,000 560 x 800 x 10 = 4,48 N \approx 4,5 N

*2 G de 300 cm³ d'eau salée = 0,000 300 x 1200 x 10 = 3,6 N

Les déductions et l'analyse du tableau conduisent aux constatations suivantes.

1. La force d'Archimède est égale au poids du volume de liquide dont l'objet prend la place.
2. Lorsqu'un corps flotte, la force d'Archimède est égale au poids du volume de liquide dont l'objet prend la place mais en plus la force d'Archimède est égale au poids de l'objet.

Quelques informations utiles

1. Les emballages

EMBALLAGES CONCERNES

Emballages et éléments d'emballages : Présentation d'utilisation des matériaux pour le secteur emballage, par ordre d'importance.

MATERIAUX	QUELQUES APPLICATIONS
PEBD (Polyéthylène basse densité) Linéaire ou radicalaire	Films étirables et rétractables pour fardelage (regroupement de produits) et palettisation - Sacs - Sachets - Boîtages - Tubes - Flacons - Embouts - Barquettes - Bouchons vissés ou encliquetés - Joints de bouchons
PEHD (Polyéthylène haute densité)	Bouteilles - Flacons - Tubes - Capes inviolables ou non- Bidons - Fûts et conteneurs - Caisses et casiers réutilisables - Films pour routage - Bouchons vissés ou encliquetés – pompes - valves
PET (Polyéthylène téréphtalate)	Boîtes - Bouteilles - Flacons - Pots - Films - Feuilles pour thermoformage - Barquettes - Couvercles -Barquettes pour fours (220°C) - Blisters - Feuilles pour thermoformage - Barquettes - Couvercles
PP (Polypropylène)	Barquettes - Caisses et casiers réutilisables - Alvéoles - Feuilles pour thermoformage - Films et sachets transparents - Tubes - Capes - Bouchons vissés et à charnières - Flaconnage - Plats réchauffables - Pots - Seaux - Flacons - Films - Emballages réutilisables
PS (Polystyrène)	Feuilles pour thermoformage : pots pour produits laitiers, gobelets pour distributeurs automatiques - Bouchons - Boîtiers cosmétiques, compact-disc - Capes - Boîtes à oeufs - Barquettes associées à un film étirable
PVC (Polychlorure de vinyle)	Bouteilles - Flacons - Barquettes - Boîtes alimentaires - Blisters - Feuilles pour thermoformage - Films alimentaires - Films pour le médical
PSE (Polystyrène expansé)	Barquettes - Caissettes - Caisses de transport - Calages de protection - Palettes de transport alimentaire
SAN (Copolymère Styrene Acrylonitrile)	Bouchages – boîtiers maquillage - pots
PC (Polycarbonate)	Bouteilles - Flacons – biberons – boîtiers pour maquillage
PA (Polyamide)	Films alimentaires - Bouchages intérieurs – flacons tubes – composants pour tubes souples et flacons multicouches
Complexes (association de matériaux à base de PE, PP, PVC, PET, EVOH, PVDC, aluminium, papier ou carton)	Emballages souples et rigides à propriétés barrières spéciales - Fermetures pour thermoscage - Tubes - Conditionnement sous atmosphère modifiée ou sous vide
Bioplastiques à base de ressources renouvelables (amidon ou féculé) : maïs, pomme de terre, céréales, et de matières plastiques base pétrole	Films – Sacherie –Sacs à déchets – Barquettes - Calages- Plateaux – Boîtes – Vaisselle jetable
Autres matériaux	ABS (Acrylonitrile Butadiène Styrene) – ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate – Copolyesters- Copolymères PET/PEN - PAN (Polyacrylonitrile) - EVOH (Copolymère éthylène alcool vinylique) - PVDC (Polychlorure de vinylidène) - EVA (Copolymère éthylène - vinylacétate) – SURLYN – PUR (Polyuréthane)

2. Le marquage

INFORMATIONS - MARQUAGES

Identification (volontaire) :

Les marquages d'identification décrits ci-après restent d'application volontaire.

Les symboles d'identification des matières plastiques sont spécifiés dans les documents sources [83], [46], [84] et [109], avec spécifications dimensionnelles du symbole et des lettres, et résumés ci-après :

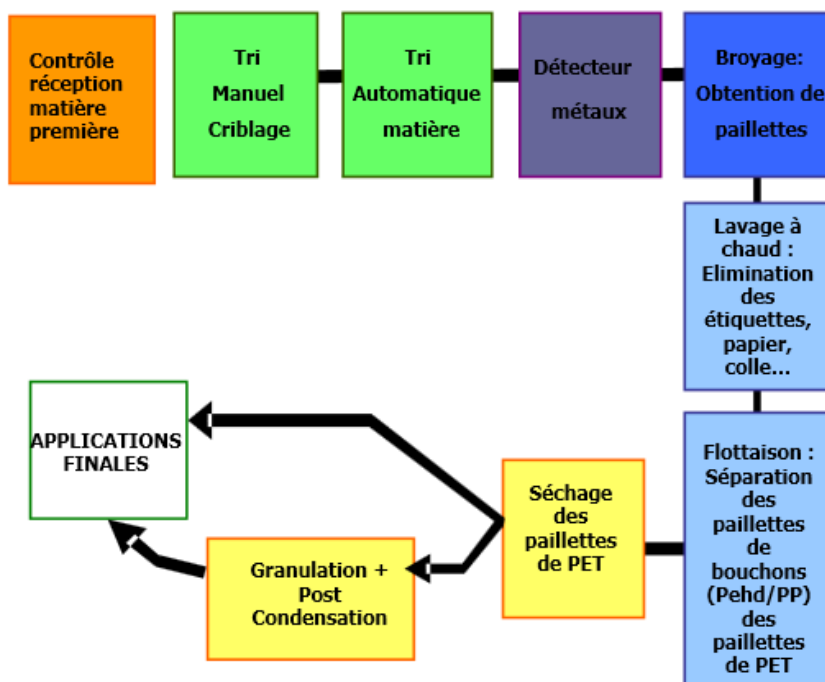
Matériau	Abréviations	Numérotation
Polyéthylène téréphtalate	PET	1
Polyéthylène haute densité	HDPE ou PE-HD	2
Polychlorure de vinyle	PVC	3
Polyéthylène faible densité	LDPE ou PE-BD	4
Polypropylène	PP	5
Polystyrène	PS	6
		7

Exemple du Polypropylène :



3. Récupération des plastiques

Régénération du PET (Schéma général)



Masse volumique (g/cm ³)	
Pet	1,34 - 1,39
HDPE	0,941 - 0,965
LDPE	0,910 - 0,925

Granulés au Centre technique de Frameries (www.ctpe.be)
 Plaquettes de plastique au CAF (www.lecaf.be).

Sinon découper une bouteille de plastique et des bouchons de bouteille pour l'expérimentation

Note destinée aux professeurs !!!

Pour séparer les plastiques HDPE et LDPE par flottaison il est possible de réaliser une solution alcoolique de masse volumique donnée dont la procédure est expliquée ci-dessous.

$$\rho_{\text{éthanol}} = 0,82 \text{ g/cm}^3 \text{ et } \rho_{\text{eau}} = 1 \text{ g/cm}^3$$

si on désire réaliser une solution alcoolique de masse volumique = 0,95 g/cm³
 soit x le volume d'alcool et y le volume d'eau

$$\text{masse de l'alcool} = 0,82 \cdot x$$

$$\text{masse d'eau} = 1 \cdot y$$

$$\text{masse de la solution} = (x+y) \cdot 0,95$$

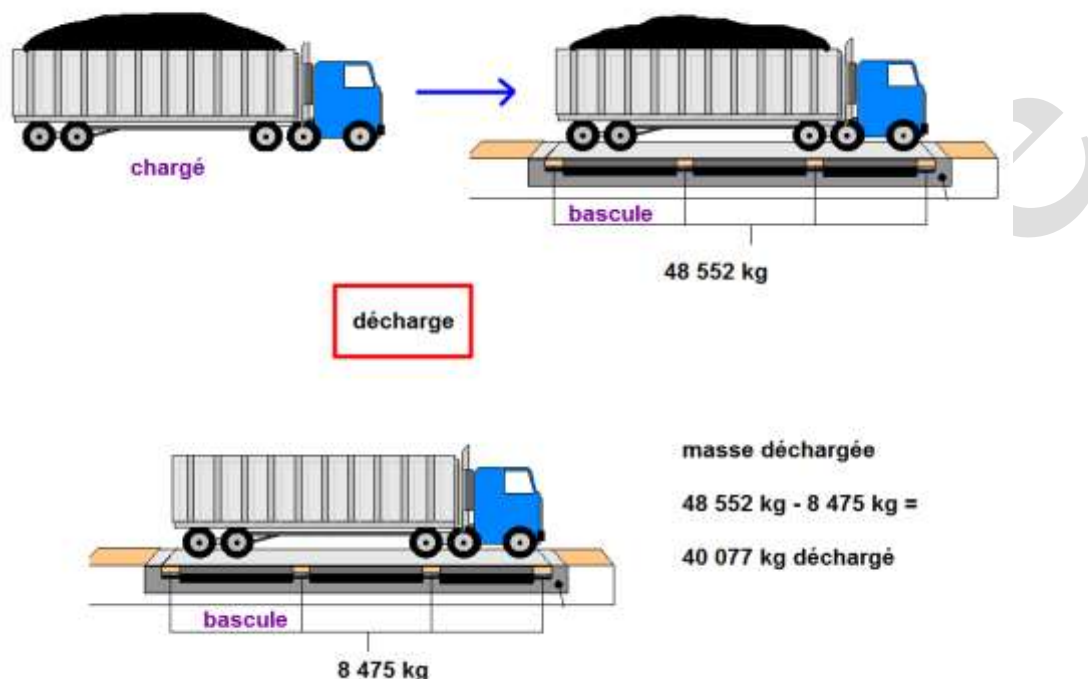
$$\text{on résout l'équation : } 0,82x + y = 0,95(x+y) \rightarrow 0,95x + 0,95y = 0,82x + y$$

$$\rightarrow 0,13x - 0,05y = 0 \text{ ou } 13x - 5y = 0$$

$$\text{donc } y = 13/5 x \quad \text{donc le volume d'eau} = 2,6 \cdot \text{volume d'alcool}$$

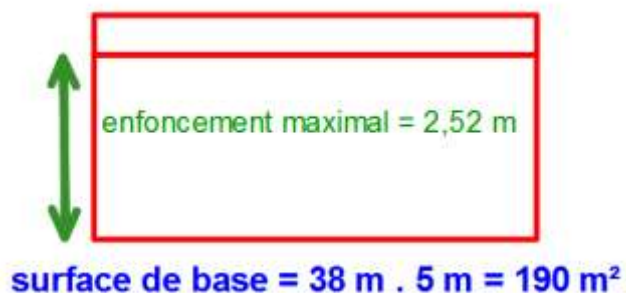
donc on doit mélanger 100 cm³ d'alcool avec 260 cm³ d'eau pour obtenir une solution à 0,95 g/cm³

La quantité déchargée d'un camion : facile !

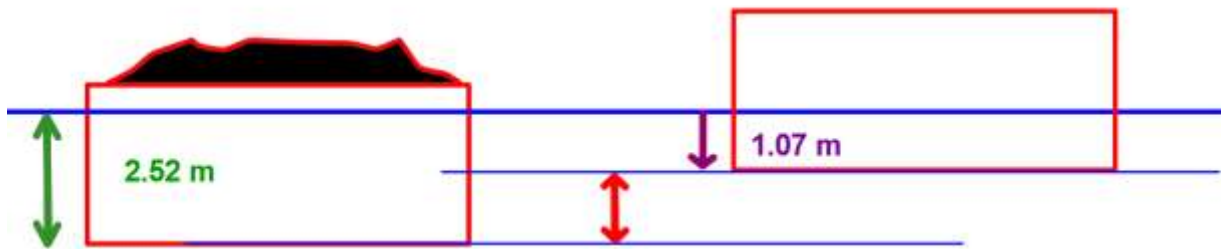


La quantité déchargée d'une péniche

Soit une péniche de 38 m (38 m de long et 5 m de large environ) . La péniche peut être assimilée à un parallélépipède rectangle.



on mesure la ligne de flottaison grâce aux échelles de bordée



le bateau remonte de $2,52\text{ m} - 1,07\text{ m} = 1,45\text{ m} = 145\text{ cm}$

un volume de $190\text{ m}^2 \cdot 1,45\text{ m} = 275,5\text{ m}^3$ sort de l'eau

par calculs

Objet	Liquide
$\rho_{\text{matière}} =$	$\rho_{\text{liquide}} = 1000\text{ kg/m}^3$ (1)
$V_{\text{objet}} =$	$V_{\text{immergé}} = 275,5\text{ m}^3$ (2)
$m_{\text{objet}} = 275\,500\text{ kg}$ (7)	$m_{\text{liquide}} = 275\,500\text{ kg}$ (3)
	(5) condition de flotte
$G_{\text{objet}}^{(6)} = 2\,750\,000\text{ N} =$	$G_{\text{liquide}} = 2\,750\,000\text{ N} = F_A$ (4)

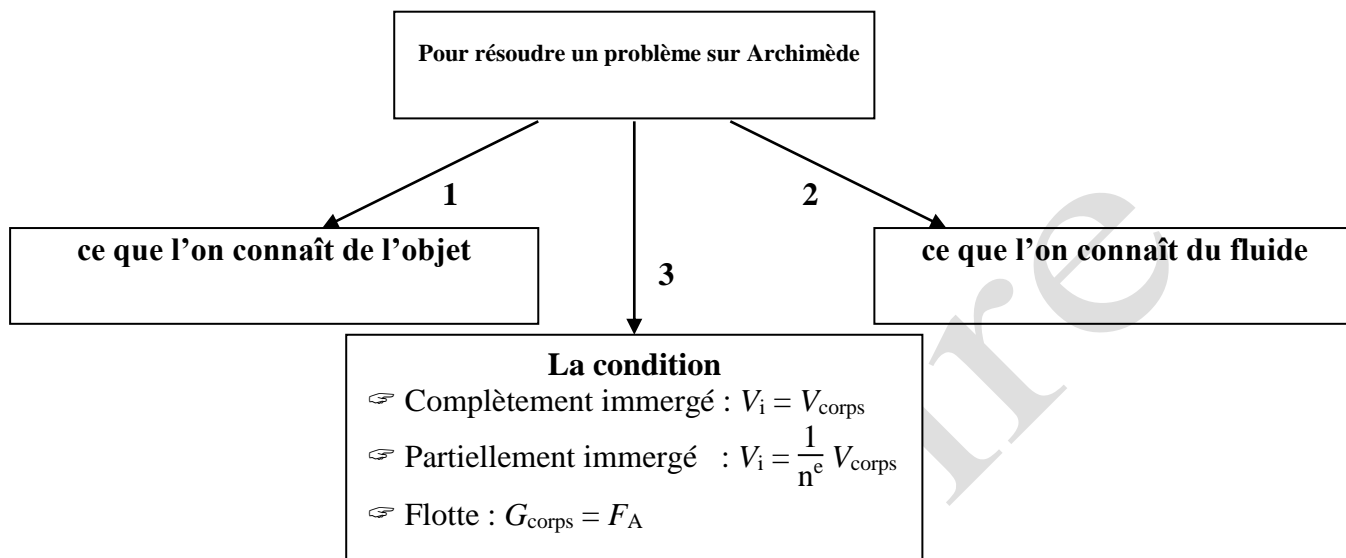
on a sorti 275,5 tonnes du bateau théorique



Chaque marinier est en possession d'un certificat de jaugeage à bord de la péniche dont voici un extrait (Péniche picaro : www.picaro.nl).

1	1.742	46	21.248	91	162.978	136	246.560	181	330.567	226
2	3.484	47	83.041	92	164.826	137	248.425	182	332.434	227
3	5.226	48	84.834	93	166.674	138	250.290	183	334.301	228
4	6.968	49	86.627	94	168.522	139	252.155	184	336.168	229
5	8.710	50	88.420	95	170.370	140	254.020	185	338.035	230
6	10.452	51	90.217	96	172.218	141	255.887	186	339.902	231
7	12.194	52	92.014	97	174.066	142	257.754	187	341.769	232
8	13.936	53	93.811	98	175.914	143	259.621	188	343.636	233
9	15.678	54	95.608	99	177.762	144	261.488	189	345.503	234
10	17.420	55	97.405	100	179.610	145	263.355	190	347.370	235

On constate que la masse déchargée est de 263 355 kg (nous avons trouvé par calcul sommaire 275 500 kg). La différence s'explique par le fait que la coque de la péniche est arrondie.

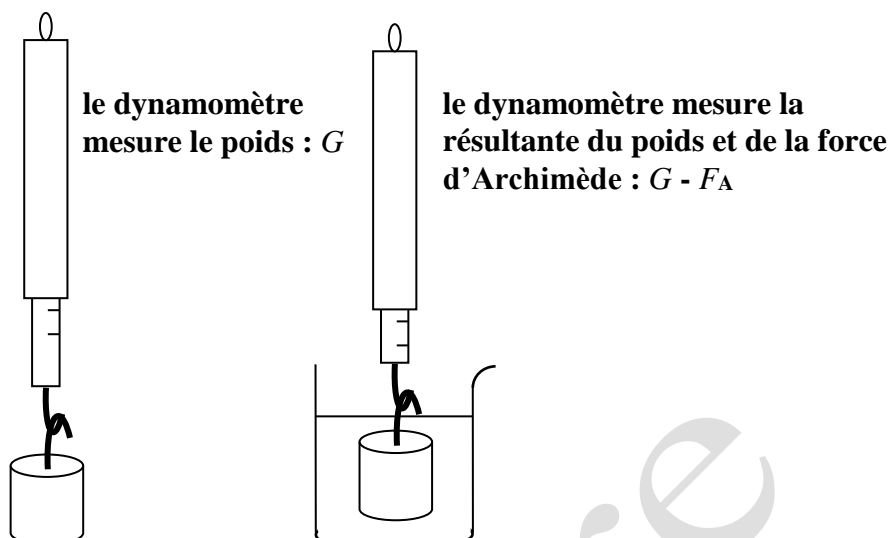


On travaillera en deux colonnes.

1. <u>Que peut-on connaître de l'objet ?</u>		2. <u>Que peut-on connaître d'un fluide ?</u>	
1a. il est homogène et on donne la matière donc la masse volumique	$\rho_{\text{matière}} =$	2a. sa nature donc sa masse volumique	$\rho_{\text{fluide}} =$
1b. son volume	$V_{\text{objet}} =$	2b. le volume de liquide dont l'objet prend la place càd le volume immergé	$V_{\text{liq}} =$
1c. sa masse	$m_{\text{objet}} =$	2c. la masse de liquide dont l'objet prend la place	$m_{\text{fluide}} =$
1d. son poids	$G_{\text{objet}} =$	2d. le poids du liquide dont l'objet prend la place	$G_{\text{fluide}} =$
nous disposons de 2 formules et leurs dérivées $\rho = \frac{m}{V}$ et $G = m g$		2e. la force d'Archimède subie par l'objet	$F_A =$
Dans tout problème, il existe une condition qui est une relation entre les 2 colonnes.			

th. d'Archimède

Ce qu'il faut encore connaître



Exemple de problème : On accroche à un dynamomètre un objet en fer, le dynamomètre indique 3,9 N, on l'immerge complètement l'objet dans de l'alcool. Que va indiquer le dynamomètre ?

<u>Objet</u>		<u>Liquide</u>	
« un objet en fer, le dynamomètre indique 3,9 N »		« dans de l'alcool »	
Matière = fer Connu →(1)	$\rho_{\text{matière}} = 7\,800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Liquide=alcool Connu → (1')	$\rho_{\text{liquide}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
(4)	$V_{\text{objet}} = \frac{m}{\rho} = \frac{390\text{g}}{7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 50 \text{ cm}^3$ ¹	= condition	$V_{\text{liq}} = 50 \text{ cm}^3$ (6)
(3)	$m_{\text{objet}} = \frac{G}{g} = \frac{3,9 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,39 \text{ kg} = 390 \text{ g}$	(7)	$m_{\text{liquide}} = \rho V = 50 \text{ cm}^3 \times 0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 40 \text{ g} = 0,040 \text{ kg}$
Connu →(2)	$G_{\text{objet}} = 3,9 \text{ N}$	(8)	$G_{\text{liq}} = m \times g = 0,04 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0,4 \text{ N}$
Nous disposons de 2 formules $\rho = \frac{m}{V}$ et $G = m g$		(9)	$F_A = G_{\text{liq}} = 0,4 \text{ N}$
<p>la condition « on l'immerge complètement » (5) si complètement immergé alors $V_{\text{objet}} = V_{\text{liquide}}$</p>			

En caractère gras ce qui est connu

() ordre de calcul

Ne pas oublier de répondre à la question : le dynamomètre indiquera la différence entre le poids de l'objet et la force d'Archimède subie donc $3,9 \text{ N} - 0,4 \text{ N} = 3,5 \text{ N}$.

¹ Les unités sont présentes dans les calculs pour raison didactique : il ne s'agit pas des unités de base du SI.

Au cahier de l'élève

$$G = 3,9 \text{ N}$$

Objet	Objet dans le liquide
$\rho_{\text{matière}} = \frac{7800 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (1)	$\rho_{\text{liquide}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (2)
$V_{\text{objet}} = \frac{m}{\rho} = 50 \text{ cm}^3 = 0,000\,050 \text{ m}^3$ (5) =	$V_i = V_{\text{liq}} = 50 \text{ cm}^3$ (6)
complètement immergé	
$m_{\text{objet}} = \frac{G}{g} \approx 0,39 \text{ kg} = 390 \text{ g}$ (4)	$m_{\text{liq}} = \rho_{\text{liquide}} \cdot V_{\text{liq}} = 40 \text{ g} = 0,040 \text{ kg}$ (7)
$G_{\text{objet}} = 3,9 \text{ N}$ (3)	$G_{\text{liq}} = m \cdot g = 0,4 \text{ N} = F_A$ (8)
Le dynamomètre indiquera $G - F_A = 3,9 \text{ N} - 0,4 \text{ N} = 3,5 \text{ N}$ (9)	

autre exemple de problème

Un bloc de glace de 150 cm^3 flotte à la surface de l'eau. Déterminez le volume émergeant (hors de l'eau) du bloc de glace ?

Objet	Objet dans le liquide
$\rho_{\text{matière}} = 900 \text{ kg/m}^3 = 0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (1)	$\rho_{\text{liquide}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (2)
$V_{\text{objet}} = 150 \text{ cm}^3 = 0,000\,150 \text{ m}^3$ (3)	$V_i = V_{\text{liq}} = \frac{m_{\text{liq}}}{\rho_{\text{liq}}} = 135 \text{ cm}^3$ (8)
$m_{\text{objet}} = \rho_{\text{matière}} \cdot V_{\text{objet}} = 135 \text{ g} = 0,135 \text{ kg}$ (4)	$m_{\text{liq}} = \frac{G}{g} = 0,135 \text{ kg} = 135 \text{ g}$ (7)
$G_{\text{objet}} = m \cdot g = 1,35 \text{ N}$ (5) =	$G_{\text{liq}} = 1,35 \text{ N} = F_A$ (6)
flotte	
le volume émergeant = $V_{\text{objet}} - V_i = 15 \text{ cm}^3$ (10)	

Si dans votre exercice on trouve le même objet dans 2 liquides ; vous utilisez alors 3 colonnes

objet	objet → liquide 1	objet → liquide 2
-------	-------------------	-------------------

Cette méthode est imparable, courte ; elle a cependant un défaut : lorsque l'on a terminé un exercice on ne retrouve pas le chemin de l'analyse qui a été réalisée (d'où l'importance de numéroter les étapes pour retrouver cette analyse.

Méthode mise au point par M Croquet Patrick professeur de physique à l'AR Binche.

Un dernier exemple : un cube homogène de 10 cm d'arête flotte à la surface de l'alcool de telle façon que les $\frac{9}{10}$ du volume total sont immergés.

Déterminez la masse volumique de la matière ? On l'immerge maintenant dans de l'eau, déterminez le volume immergé ?

objet	objet → liquide 1 alcool	objet → liquide 2 eau
$\rho_{\text{matière}} = \frac{m}{V} = 720 \text{ g/cm}^3$ (8)	$\rho_{\text{liquide}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (2)	$\rho_{\text{liquide}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (10)
$V_{\text{objet}} = a^3 = 1000 \text{ cm}^3$ (1)	$V_i = 0,9 \times 1000 \text{ cm}^3 = 900 \text{ cm}^3$ $V_{\text{liq}} = 900 \text{ cm}^3$ (3)	$V_i = V_{\text{liq}} = \frac{m}{\rho} = 720 \text{ cm}^3$ (13)
$m_{\text{objet}} = \frac{G}{g} = 0,72 \text{ kg} = 720 \text{ g}$ (7)	$m_{\text{liq}} = \rho V = 720 \text{ g} = 0,72 \text{ kg}$ (4)	$m_{\text{liq}} = \frac{G}{g} = 0,72 \text{ kg} = 720 \text{ g}$ (12)
$G_{\text{objet}} = 7,2 \text{ N}$ (6) = flotte	$G_{\text{liq}} = m g = 7,2 \text{ N} = F_A$ (5)	$G_{\text{liq}} = 7,2 \text{ N} = F_A$ (11) = *
la masse volumique de la matière est de 7200 kg/m^3 (9)		flotte
		Le volume immergé dans l'eau est de 720 cm^3 (14)

* **la condition** « On l'immerge » : la masse volumique de l'eau > la masse volumique de l'alcool, il va encore flotter il ne faut donc pas le vérifier !