



# Principe d'Archimède





# Table des matières

<b>I - Préambule</b>	<b>5</b>
<b>II - Indications pour la préparation du TP :</b>	<b>7</b>
<b>III - Objectifs</b>	<b>9</b>
<b>IV - Théorie</b>	<b>11</b>
<b>V - Matériel</b>	<b>13</b>
<b>VI - Le principe d'Archimède</b>	<b>23</b>
<b>VII - Masse volumique du cylindre plein</b>	<b>27</b>
<b>VIII - Composition d'un solide de volume "non calculable"</b>	<b>33</b>
<b>IX - Annexes</b>	<b>35</b>
<b>X - Bibliographie</b>	<b>37</b>
<b>XI - Crédits</b>	<b>39</b>



# Préambule

# I

Comme tous travaux pratiques (T.P.) qui se respectent, vous devrez rendre un compte-rendu.

Dans ce compte-rendu, vous devrez décrire vos manipulations, vos calculs, et écrire vos résultats, vos interprétations et vos conclusions. Vous devez également répondre aux questions théoriques. Tout cela dans un bon français, ce qui sous-entend des phrases claires et sans faute d'orthographe.

Voici un document (cf. ) rédigé par Mme Emeline Dudognon, enseignant-chercheur à Lille 1, qui vous guidera dans vos premiers pas pour votre rédaction de ce fameux compte-rendu. Attention, la note tiendra compte du respect des règles décrites dans le document.

D'autre part, à partir de ce TP numérique, il est obligatoire de préparer et rédiger les questions théoriques avant la séance de TP. Il est également fortement conseillé de préparer (cf.) votre compte rendu de TP qui sera à rendre le jour même.

Vous pouvez donc préparer vos tableaux à remplir dans un tableur, car vous aurez accès à un ordinateur le jour du TP, pour imprimer vos tableaux et graphes.

## Indications pour la préparation du TP :

Lire attentivement la partie théorique et répondre aux questions posées (à préparer avant la séance de TP).

Dans la partie manipulation, répondez aux questions préparatoires.

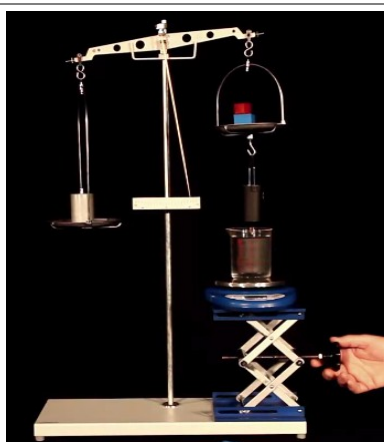
L'enseignant vérifiera et annotera pour chaque groupe que les questions théorique et préparatoires ont été faites ou non.



## Présentation des objectifs



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



Objectifs

Ce TP est consacré à la caractérisation qualitative et quantitative de la force liée au principe d'Archimède, communément appelée poussée d'Archimède, et de sa réaction.

Deux applications y seront abordées :

- la détermination de la masse volumique d'un solide et, en conséquence, l'identification du matériau composant ce solide.
- la précision des résultats liée aux incertitudes de mesures y sera discutée.

### Savoir-faire à acquérir :

- mettre en équation le principe d'Archimède
- comprendre et utiliser le principe des actions réciproques (3ème loi de Newton)
- distinguer masse et poids
- déterminer la masse volumique d'un solide
- déterminer l'incertitude d'un résultat expérimental

---

**Remarques :**

Le symbole ci-contre indique une manipulation à effectuer.



Le symbole ci-contre indique une question à répondre ou une mesure à prendre.





## ***Rappel de l'énoncé du principe d'Archimède***

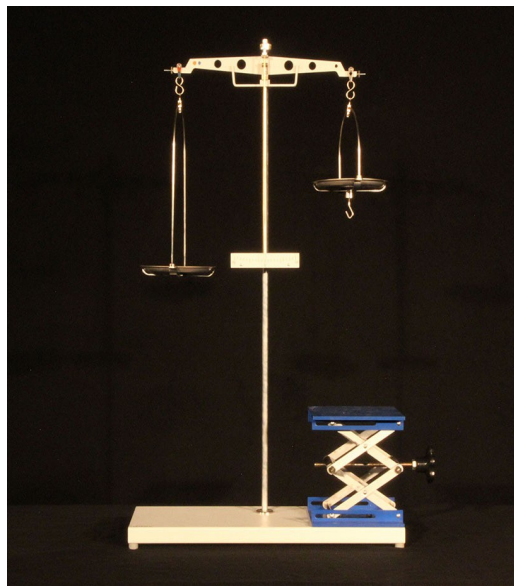
---

*« Tout corps plongé dans un fluide reçoit une poussée verticale, dirigée du bas vers le haut, de norme égale au poids du volume de fluide déplacé. »*

## ***Rappel de l'énoncé du principe des actions réciproques (3ème loi de Newton) :***

---

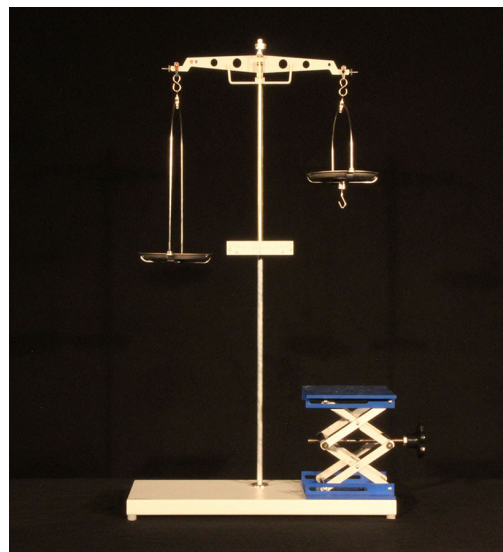
*« Pour chaque action, il existe une réaction égale et opposée : l'action est toujours égale à la réaction ; les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales, de même direction et de sens opposés. »*



- une balance à plateaux



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



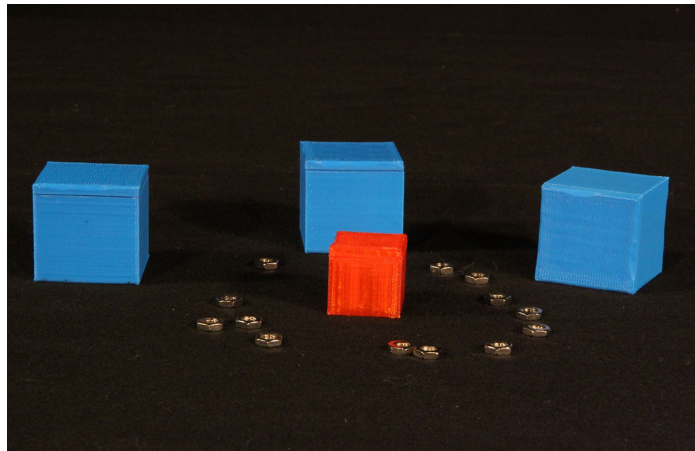
Présentation vidéo de la balance à plateaux



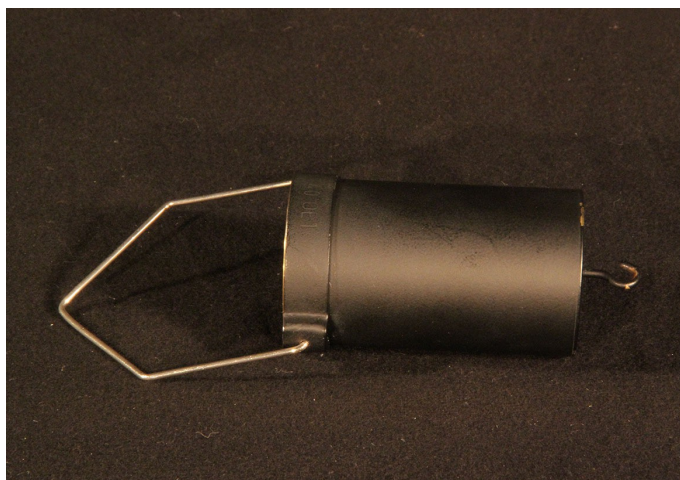
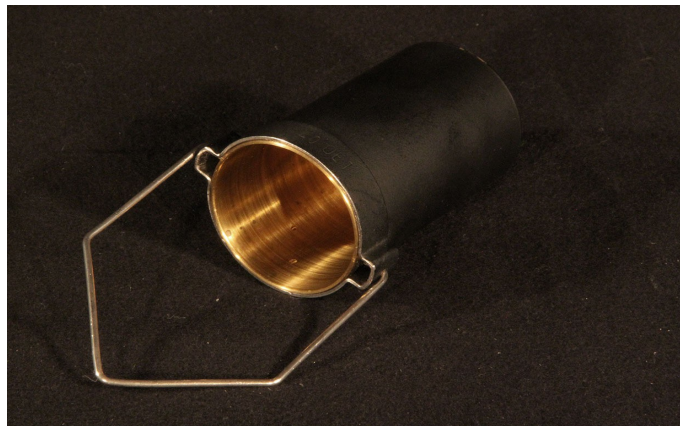


- un jeu de masses étalonnées





- un jeu de masses étalonnées (rouge et bleue)

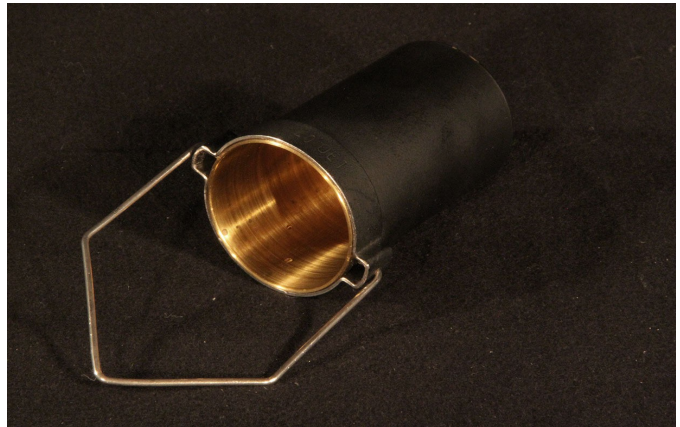




- un double cylindre d'Archimède



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le Qrcode



Présentation vidéo des cylindres



- une balance électronique





- un becher à débordement et un cristallisateur



- un plateau élévateur



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



Présentation vidéo du plateau élévateur



- deux bechers : 250 et 800 ml



- une pipette



- un régle de 20 cm

**Attention : le dispositif comporte de la verrerie, consulter la fiche de sécurité "risque lié à la présence de verre" ci-après.**

**RISQUES**



**LE RISQUE LIE A LA  
PRESENCE DE VERRE**

Beaucoup de travaux pratiques utilisent des accessoires en verre : bécher, éprouvette, pipette, miroir, lentilles...

Il ne faut pas oublier que le verre cassé est coupant et peut donc engendrer des coupures profondes.

**Précautions élémentaires :**

- Manipuler le verre avec précaution
- Lorsqu'un accessoire en verre est ébréché, le signaler, ne pas le jeter à la poubelle
- Travailler sur une paillasse ordonnée pour éviter de faire tomber l'accessoire

**NE PAS MANIPULER UN ACCESSOIRE BRISE OU FELE OU  
SIMPLEMENT PRESENTANT DES ARETES VIVES.  
PREVENIR L'ENSEIGNANT.**

# Le principe d'Archimède

## Objectifs

Cette première partie est consacrée à la caractérisation qualitative du principe d'Archimède.

L'objectif principal est d'interpréter les observations des expériences que vous allez réaliser afin de vérifier le principe d'Archimède énoncé ci-dessous.

Afin de gagner du temps, certaines mesures, nécessaires à la partie II, pourront être effectuées ici.

Elles sont donc indépendantes des notions visées dans cette partie et pourront être notées pour plus tard dans un tableau (voir annexe pour un exemple).

## Rappel de l'énoncé du principe d'Archimède

**Tout corps plongé dans un fluide reçoit une poussée verticale, dirigée du bas vers le haut, de norme égale au poids du volume de fluide déplacé.**

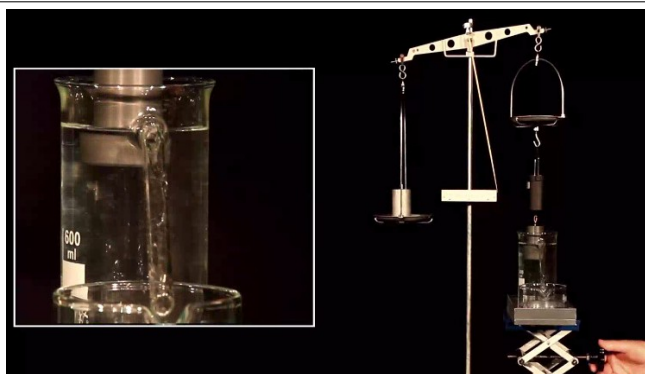
**Poids et masse sont deux paramètres à ne pas confondre.**



- Exprimer le poids  $P$  à la surface de la terre d'un objet en fonction de sa masse. Expliciter la signification des termes employés dans la formule que vous indiquerez.
- A quel type de grandeur physique correspond le poids ?
  - Quelle est son unité ?
  - Qu'en est-il pour la masse ?



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



- Expérience n°1

Que l'expérience soit réalisée sous forme vidéo ou en direct, suivre les instructions suivantes :

(Dans tout ce qui suit on veillera à remettre à zéro la balance à vide avant chaque pesée.)



- Peser le cylindre plein (uniquement !) à l'aide de la balance électronique.



- Noter sa valeur  $m_0$  et conserver-la, elle sera nécessaire plus tard.



- Installer le double cylindre sous le plateau de droite de la balance (le creux au dessus du plein) et équilibrer la balance à l'aide de la masse étalonnée.
- Remplir d'eau le bécber à débordement en en faisant couler un peu par le canal de débordement (cette action permet le mouillage du canal de débordement et la mise du niveau d'eau à ras-bord)
- Vider l'eau du cristallisoir dans le grand bécber et bien l'essuyer.
- Peser le cristallisoir à vide à l'aide de la balance électronique et le remettre en place.



- Noter sa masse  $m_1$  et conserver-la, elle sera nécessaire plus tard.



- Si l'aiguille de la balance n'est pas parfaitement au centre, repérer sa position et immerger entièrement le cylindre plein en utilisant le plateau élévateur et en veillant bien à ce que sa face supérieure reste proche de la surface.



- Expliquer le déséquilibre montré par la balance. S'appuyer sur des schémas représentant un bilan des forces appliquées à l'ensemble des 2 cylindres dans les 2 situations (avant et après immersion).
- En déduire ce que l'on appelle le poids apparent  $P_a$ .



- Peser le cristallisoir contenant l'eau débordée à l'aide de la balance électronique.



- Noter sa valeur  $m'_1$  et conserver-la, elle sera nécessaire plus tard.



- Verser l'eau débordée (contenue dans le cristalloir) dans le cylindre creux accroché à la balance, finir à l'aide de la pipette, si nécessaire en rajouter pour remplir le cylindre à ras-bord (sans bomber la surface de l'eau).



---

## Le principe d'Archimède



- La balance est-elle bien revenue à sa position d'équilibre (position de l'aiguille inchangée par rapport à celle avant l'immersion) ?
- Le principe d'Archimède est-il vérifié par cette expérience (s'appuyer sur un schéma avec bilan des forces) ?



Exprimer la poussée d'Archimède  $F_a$  en fonction de la masse volumique  $\rho_f$  du fluide et du volume  $V$  déplacé par l'objet.



- De quelle manière (progressivement au cours du remplissage ou non) ?
- Expliquer en se basant sur la précision de mesure de la balance.

# Masse volumique du cylindre plein

Cette seconde partie est consacrée à une des applications de la poussée d'Archimède. Il s'agit de déterminer la masse volumique du lucoflex®, matière plastique composant le cylindre plein.

Toute mesure expérimentale étant soumise à une erreur, quatre méthodes peuvent être employées qui, par comparaison, permettent de discuter de la précision de chacune.

En particulier, une de ces méthodes utilise la réaction de la poussée d'Archimède, donnant ainsi l'occasion d'aborder le principe des actions réciproques.

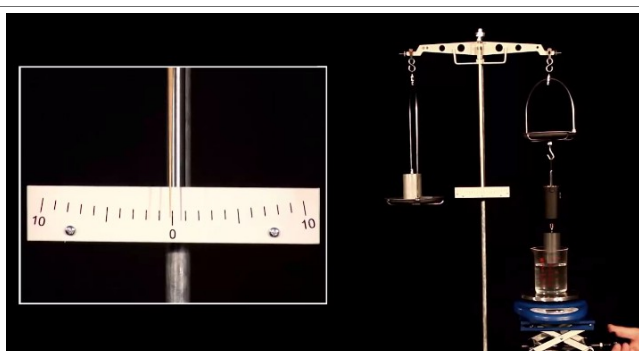
Comme précédemment, afin de gagner du temps, certaines mesures, nécessaires à la partie II-2, pourront être effectuées lors de la partie II-1, à noter pour plus tard dans le tableau.

**Rappel de l'énoncé du principe des actions réciproques (3ème loi de Newton) :**

**Pour chaque action, il existe une action réciproque égale et opposée : l'action est toujours égale à l'action opposée ; les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales, de même direction et de sens opposés.**



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



- Expérience n°2

Que l'expérience soit réalisée sous forme vidéo ou en direct, suivre les instructions suivantes :



- Abaisser le plateau élévateur et en retirer le plateau supportant le bécher à débordement et le cristalliseur (le faire coulisser latéralement).
- Décrocher les cylindres de la balance.
- Récupérer l'eau du bécher et du cylindre creux dans le grand bécher.
- Raccrocher sous le plateau les 2 cylindres.
- Placer la balance électronique sur le plateau élévateur, puis le bécher 250 ml sur la balance et le remplir d'environ 200 ml d'eau.



- Peser le bécher une fois rempli d'eau.



Noter sa valeur  $m_2$  et conserver-la, elle sera nécessaire plus tard.

### Mesure directe de la poussée d'Archimède.



- Si l'aiguille de la balance n'est pas parfaitement au centre, repérer sa position et immerger entièrement le cylindre plein en utilisant le plateau élévateur et en veillant bien à ce que sa face supérieure reste proche de la surface.

**N.B. : le cylindre ne doit pas toucher le fond du bécher**

- Equilibrer la balance à l'aide du jeu de masses étalonnées (en les plaçant sur le plateau de droite).

**N.B. : Il n'est pas nécessaire de replacer l'aiguille exactement à la même position qu'avant immersion. Les graduations de 0.1 g de la balance peuvent être utilisées pour compenser le décalage (voir ci-après).**



- Noter la masse  $m_3$  nécessaire pour l'équilibrage et conserver-la, elle sera nécessaire plus tard.

Si l'aiguille n'est pas revenue à sa position initiale, corriger cette masse en retirant ou ajoutant (en fonction du sens de décalage de l'aiguille) le nombre de graduations d'écart multiplié par 0.1 g.

### Mesure de la réaction de la poussée d'Archimède.



- Relever à l'aide de la balance électronique la masse du bécher lorsque le cylindre plein est immergé.

Est-elle différente de  $m_2$  ?

- Expliquer le changement de masse du bécher à l'aide du principe des actions réciproques.
- Noter sa valeur  $m'_2$  et conserver-la, elle sera nécessaire plus tard.



- Pour les manipulations de la partie III, seul le grand bécher placé sur la balance électronique sera nécessaire.
- Abaisser le plateau élevateur, ranger les cylindres, les masses, récupérer l'eau du bécher 250 ml dans le grand bécher et le nettoyer, retirer la balance électronique du plateau.

### Interprétation des mesures.

Les mesures effectuées précédemment permettent de déterminer 3 valeurs de la masse volumique du matériau composant le cylindre :

1.   partir de la masse d'eau débordée :  $M_1 = m'_1 - m_1$
2.   partir de la masse liée à la réaction de la poussée d'Archimède :  $M_2 = m'_2 - m_2$
3.   partir de la masse liée directement à la poussée d'Archimède :  $M_3 = m_3$



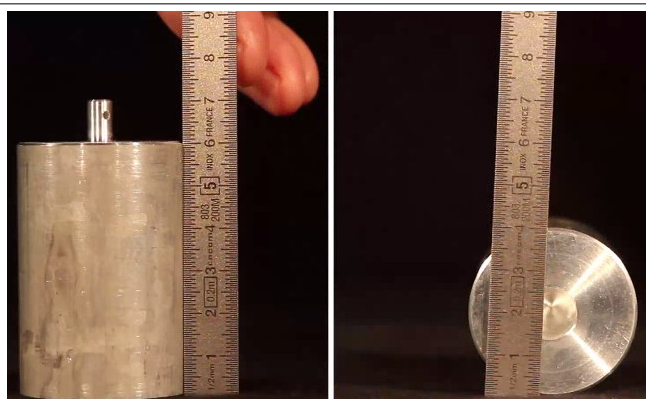
- A partir de l'expression de la poussée d'Archimède, déterminer les 3 valeurs de son volume  $V_1, V_2$  et  $V_3$  issues des 3 différentes mesures.
- A partir de sa masse  $m_0$  et des résultats précédents, déterminer les 3 valeurs correspondantes de sa masse volumique  $\rho_1, \rho_2$  et  $\rho_3$ .
- En déduire sa masse volumique (moyenne)  $\rho_A$  et son incertitude  $\Delta\rho_A$  ( cart maximum).

### Calcul direct à partir du volume

Il existe une 4 me méthode beaucoup plus simple : compte tenu de sa forme cylindrique, il est possible de "calculer" directement son volume à partir de son rayon et de sa hauteur !



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



- Volume du cylindre



Mesurer à l'aide du r gllet le diamètre  $d$  et la hauteur  $h$  du cylindre.



- A partir de sa masse  $m_0$  et des résultats précédents, déterminer sa masse volumique  $\rho_B$ .
- En s'aidant du tableau des masses volumiques des matières plastiques en annexe et sachant que le lucoflex® fait partie de la famille des PVC rigides, quelle est selon vous la meilleure méthode (A ou B) ?
- Expliquer en se basant sur la précision des appareils de mesure relative aux valeurs mesurées.

# Composition d'un solide de volume "non calculable"

A l'instar de la couronne de Zeus comme le raconte la légende au sujet de la découverte d'Archimède, la mesure du poids apparent d'un solide de géométrie complexe ("non-calculable") immergé dans un fluide de masse volumique connue permet d'en déterminer son volume.

On obtient sa masse en le pesant, pour en déduire sa masse volumique et donc sa composition.

L'objectif de cette partie est donc de déterminer le type de matière plastique qui compose le jouet Mr Patate.



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



- Pesage des éléments



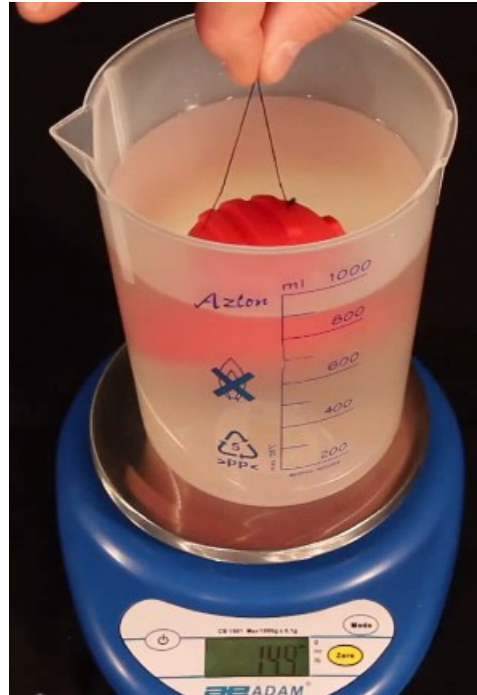
- Peser les éléments du Mr Patate (chapeau, yeux, bouche, main gauche, main droite et pieds) à l'aide de la balance électronique.



- Noter les valeurs sous la forme d'un tableau (voir modèle en annexe).



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



- Expérience n°3



- Placer le grand bécher sur la balance électronique et le remplir d'eau entre 800 et 850 ml.
- Faire le zéro de la balance (on annule ainsi la masse du bécher + eau, la masse liée à la réaction de l'élément immergé s'affiche alors directement).
- Immerger entièrement l'élément en veillant bien à éviter tout contact avec les parois et le fond du bécher.
- Procéder ainsi pour chaque élément.
- Refaire le zéro de la balance entre chaque mesure si nécessaire.



- Noter les valeurs sous la forme d'un tableau (voir modèle en annexe).
- A partir de ces données, calculer le volume de chaque élément et en déduire leur masse volumique.
- En déduire la masse volumique moyenne du plastique et son incertitude.
- En s'aidant du tableau des masses volumiques des matières plastiques en annexe, déterminer le type de plastique composant un Mr Patate.
- Commenter.



### Annexe 1 : exemples de tableau de collecte de données

$m_0 =$			
$m_1 =$	$m_1' =$		$M_1 =$
$m_2 =$	$m_2' =$		$M_2 =$
grad avant =	$m_3 =$	grad après =	$M_3 =$

	unité	chapeau	yeux	bouche	main g	main d	pieds
masse	Kg						
masse dans l'eau	Kg						
volume	$m^3$						
masse volumique	$Kg/m^3$						
masse volumique moyenne	$Kg/m^3$	1234,56 ± 7,89					

### Annexe 2 : masses volumiques à températures ambiantes (en $kg \cdot m^{-3}$ )

Matières plastiques	
Polypropylène	850 - 920
Polyéthylène basse densité	890 - 930
Polyéthylène haute densité	940 - 980
Caoutchouc (matériau)	920 - 990
ABS	1 040 - 1 060
Polystyrène	1 040 - 1 060
Nylon 6,6	1 120 - 1 160
Polyacrylate de méthyle	1 160 - 1 200
PMMA - Plexiglas	1 180 - 1 190
PVC souple	1 190 - 1 350
Bakélite	1 350 - 1 400
PVC rigide	1 380 - 1 410





Préparer et rédiger un TP

- comment préparer un TP (cf. )
- rédiger un compte rendu de TP (cf. )

Ressources concernant EXCEL: "Utilisation d'EXCEL pour les scientifiques par Alain Perche (Maître de conférences à l'Université de Lille1

1ère partie (cf. )

2ème partie (cf. )



# Crédits

# XI

## **Auteurs :**

Karine Gouriet, maître de conférences à l'UFR de Physique Université Lille1

mel : [karine.gouriet@univ-lille1.fr](mailto:karine.gouriet@univ-lille1.fr)<sup>1</sup>

Nathalie Lebrun, maître de conférences à l'UFR de Physique Université Lille1

mel : [nathalie.lebrun@univ-lille1.fr](mailto:nathalie.lebrun@univ-lille1.fr)<sup>2</sup>

## **Réalisation :**

Bernard Mikolajczyk (SEMM Université de Lille1), réalisation des vidéos

mel : [bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr](mailto:bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr)<sup>3</sup>

Jean-Marie Blondeau (SEMM Université de Lille1), réalisation du site

mel : [jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr](mailto:jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr)<sup>4</sup>

## **Moyens techniques :**

Service Enseignement et Multi Media (SEMM<sup>5</sup>) Université de Lille1

1 - <mailto:karine.gouriet@univ-lille1.fr>

2 - <mailto:karine.gouriet@univ-lille1.fr>

3 - <mailto:bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr>

4 - <mailto:jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr>

5 - <http://semm.univ-lille1.fr>