

# MODULE 3

---

## La Force d'Archimède





# Archimède dans les liquides

## 1. INTRODUCTION : LES CORPS FLOTTANTS

### 1.1 Quels sont les corps qui flottent et ceux qui ne flottent pas ?

✎ INDIQUE PAR UNE CROIX DANS LA COLONNE L’AFFIRMATION QUI TE SEMBLE CORRECTE (DANS LA COLONNE « *ce que tu penses* »).

Objet – corps		Flotte		Ne flotte pas	
		Ce que tu penses...	La réalité...	Ce que tu penses...	La réalité...
1	Cuillère				
2	Morceau de bois				
3	Petit canard en plastique				
4	Pièce				
5	Bateau				
6	Bouchon pour la pêche				
7	Morceau de « frigolite »				
8	Pomme				
9	Gomme				
10	Crayon				
11	Latte				
12	Bille de verre				
13	Morceau de plomb				

✎ VERIFIE ENSUITE LES AFFIRMATIONS EXPERIMENTALEMENT ET INDIQUE UNE CROIX DANS LA COLONNE « *la réalité* ».

### Pourquoi certains corps flottent et d'autres pas ?

Selon toi, quels sont les facteurs qui peuvent influencer ce phénomène ? .....

.....

.....

Quelques observations :

- Pourquoi est-il plus facile de soulever un objet dans l'eau que hors de l'eau ?
- Pourquoi fait-on de la gymnastique ou de la rééducation dans l'eau ?
- Pourquoi les baleines, dont la masse atteint facilement une centaine de tonnes, se déplacent-elles aisément dans l'eau ?
- Pourquoi les bateaux flottent-ils ?

- Pourquoi faut-il pousser sur un ballon pour l'enfoncer dans l'eau ?
- Pourquoi faut-il pousser sur un objet pour bébé pour l'enfoncer dans le bain ?
- Pourquoi jaillissent-ils hors de l'eau, dès qu'on les lâche ?

Conclusion : .....  
.....

## 2. DECOUVERTE DE LA FORCE D'ARCHIMEDE

### 2.1 Qui était Archimède ?

**TRAVAIL DE RECHERCHE** : Réalise une recherche à domicile sur Archimède. Ce travail répondra aux questions suivantes : Qui est-ce ? Quelles sont ses œuvres ? Quelles sont ses recherches ?

Ce travail fera +/- 1 page A4 et peut être réalisé à l'ordinateur ou à la main. Attention au copié/coller abusif qui sera sanctionné. **DATE DE REMISE** : .../.../.....

### 2.2 Découverte de la notion de corps flottants

Sur l'eau, les bateaux sont plus ou moins enfoncés. Cela dépend en fait de leur charge. Plus les bateaux sont chargés, plus ils s'enfoncent. Il est d'ailleurs évident qu'une charge maximale ne peut être dépassée !

#### Expérience

Une **expérience simple** permet de modéliser cette situation :

Utilisons des bouteilles identiques de ½ litre (plastique). Lestons-les à **2N, 4N, 6N, 8N**. Les deux premières ..... et les deux autres .....

Remarquons que dans tous les cas, le niveau d'eau ..... : un objet dans un liquide déplace un volume de liquide.

⇒ Pourquoi les deux premières bouteilles flottent-elles ? .....

Cette ..... exercée par l'eau sur l'objet flottant s'appelle ....., elle est ....., dirigée vers ..... et sa valeur est égale au .....

### 2.3 Caractéristiques et mesure de la force d'Archimède dans les liquides

#### 2.3.1 Généralisation de la force d'Archimède

L'eau exerce-t-elle également une force sur les deux bouteilles qui coulent ? .....

#### Élément de réponse :

- ⇒ On fait de la gymnastique et de la rééducation en piscine pour que ce soit plus facile... « l'eau porte le corps ».
- ⇒ Si l'eau exerce une force sur les bouteilles qui coulent, cette force est plus petite que le poids puisque les bouteilles ne flottent pas.

Expérience

Pour répondre définitivement à la question, effectuons des mesures et utilisons pour cela la **bouteille de 6N**.

Suspendons-là à un dynamomètre (10N), il indique ..... → **Poids réel**

Plongeons-là entièrement dans l'eau, le dynamomètre indique ..... → **Poids apparent**

L'eau exerce donc une force verticale vers le haut de .....

Schéma

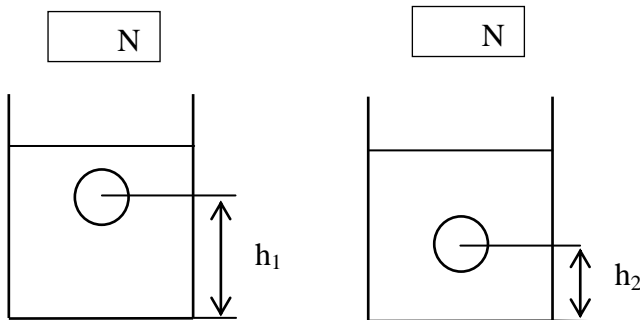
Dans l'air	Dans l'eau

**2.3.2 De quoi la force d'Archimède dépend-elle ?**

Poids de l'objet dans l'air = ..... N

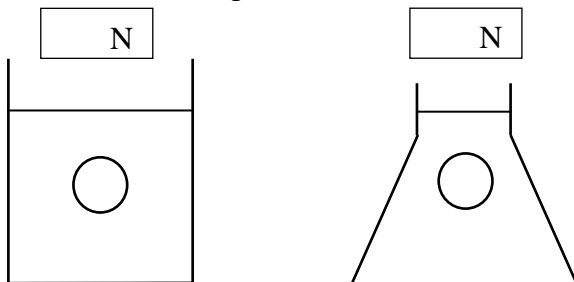
**Remarque importante** : nous allons tenter à chaque expérience de faire varier qu'un seul paramètre à la fois.

- De la profondeur ?



Toutes nos expériences montrent que .....

- De la forme du récipient ?



Toutes nos expériences montrent que .....

• Du poids de l'objet immergé ?

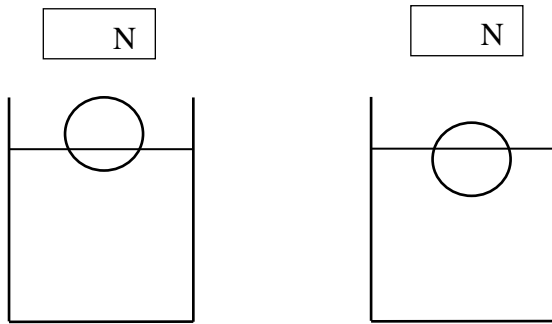
Utilisons la bouteille lestée à **8N**. Quand elle est immergée, le dynamomètre n'indique plus que ..... N. Réalisons la même expérience avec la bouteille de 6N. Le dynamomètre n'indique plus que ..... N.

Les deux bouteilles de 6N et 8N subissent donc une force de ..... N.

Conclusion : .....

.....

• Du volume de l'objet immergé ?

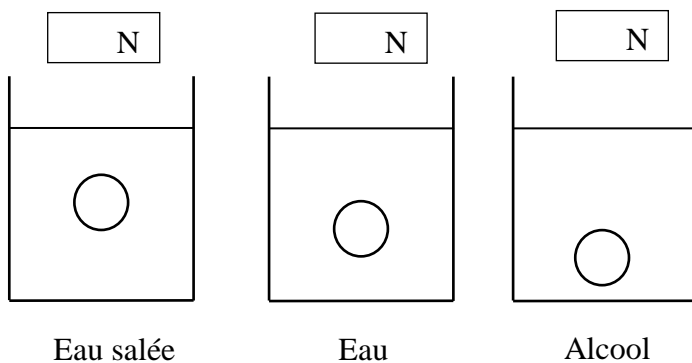


Reprenons la bouteille de 8N, suspendons-la au dynamomètre et plongeons-la progressivement dans l'eau. La force indiquée par le dynamomètre diminue graduellement et donc la force d'Archimède augmente graduellement.

Conclusion : .....

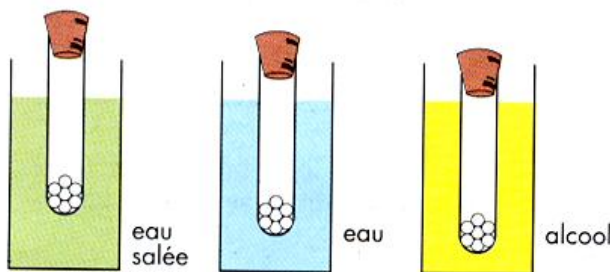
.....

• De la nature du liquide ?



Refaisons les mesures avec la bouteille de 8N dans l'eau, l'eau salée et l'alcool.

La force d'Archimède est plus ..... dans l'eau salée que dans l'eau pure, et plus ..... dans le méthanol.



*Comportement d'un même corps dans des liquides différents.*

Conclusion :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

• D'autres facteurs ?

Si d'autres facteurs vous viennent à l'esprit, tester les suivants en réalisant une petite expérience en respectant le mode opératoire précédent.

**À Retenir !**

**Un objet immergé (entièrement ou en partie) dans un liquide subit de la part de celui-ci une force exercée verticalement vers le haut. La valeur de cette force dépend du volume immergé et de la nature du liquide.**

**2.3.3 D'où vient cette force ?**

L'eau exerce une force pressante sur le fond du récipient (surface pressée). L'eau exerce-t-elle également une force pressante sur les parois verticales ?

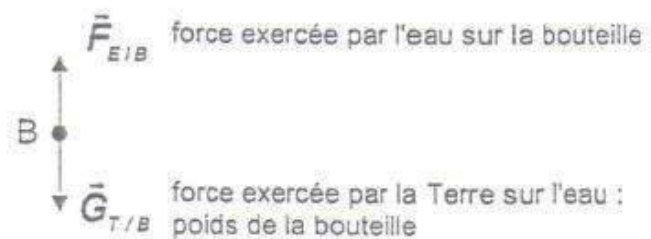
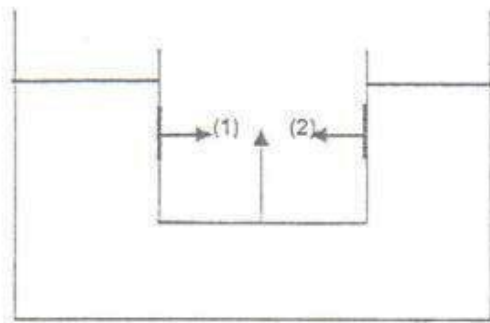
Expérience :

- Reprenons le tube, mais cette fois, plions-le de telle sorte que l'ouverture fermée par le disque soit verticale.
- Entrons cette extrémité dans l'eau.
- Lâchons le disque.

Qu'observes-tu ? .....

L'eau pousse également sur les côtés : **cette force est horizontale.**

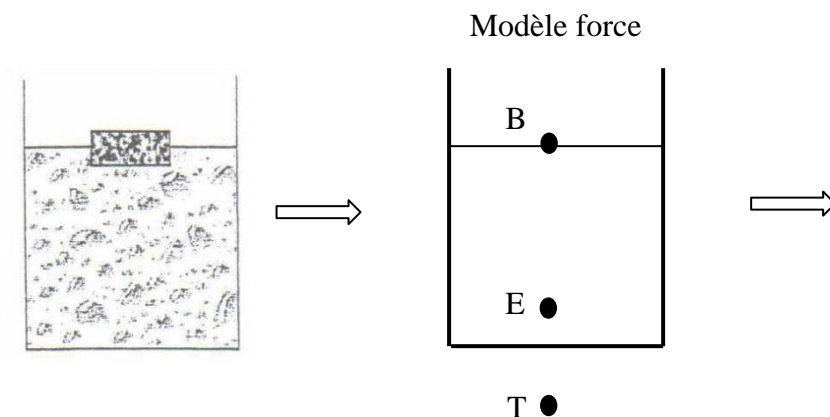
Puisque l'eau la pousse horizontalement, pourquoi la bouteille ne se déplace-t-elle pas latéralement vers la gauche ou vers la droite ? *Sans doute parce que les forces latérales (1) et (2) sont identiques et s'équilibrent.*



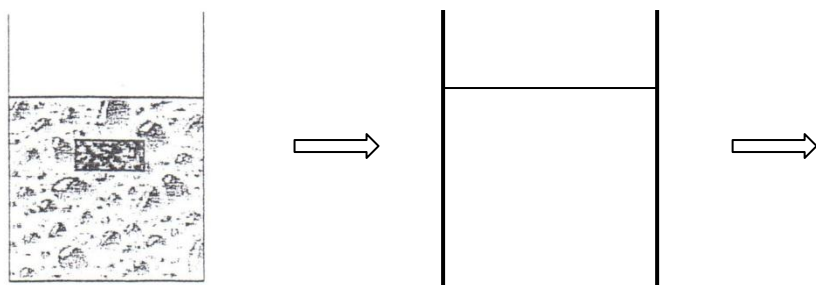
**De l'ensemble des forces pressantes exercées par l'eau sur tous les côtés de la bouteille qui flotte, il résulte une force verticale vers le haut. Elle s'appelle la force d'Archimède.**

**2.3.4 Schématisation de la force d'Archimède**

a) Corps flottant à la surface du liquide (avec **B** l'objet, **E** l'eau, **T** la Terre, **G** le poids du corps et **F** la force d'Archimède)



b) Corps en équilibre dans le liquide



Pour qu'un objet soit en état d'équilibre retenons que :

$$F_A =$$

et

$$\Sigma F =$$

**2.3.5 Quelle est la valeur de la force d'Archimède ?**

Prenons une bouteille de ½ L que l'on gradue de 100 en 100 cm<sup>3</sup>. Elle est lestée suffisamment pour couler si on ne la soutient pas. On peut, par exemple, utiliser la bouteille lestée à 8N. Suspendons-la à un dynamomètre. Immergeons-la progressivement dans l'eau. Notons les valeurs lues sur le dynamomètre, pour différents volumes immergés. Calculons la force d'Archimède.

Volume immergé (cm <sup>3</sup> )	Le dynamomètre indique en N	Force d'Archimède (N)	Relation obtenue
0			
100			
200			
300			
400			
500			

Quelles sont les variables mises en œuvre ?.....

Quelle est la variable contrôlée ? .....

Existe-t-il une relation entre la variable contrôlée et la force d'Archimède ? .....

Quelle est donc la variable dépendante ? .....

**À cette variable dépendante mesurée directement correspond une autre variable dépendante à mesure indirecte, la force d'Archimède.**

**DEVOIR :** Trace le graphique que ces données suscitent et donne-lui un titre.

Volume immergé (cm <sup>3</sup> )	Poids du liquide déplacé (N)
0	.....
100	.....
200	.....
300	.....
400	.....
500	.....

Ce devoir se fera proprement sur une feuille A4 qui sera annexée au chapitre.

**DATE DE REMISE :** .../.../.....

Constatation :

La valeur de la force d'Archimède est .....

La valeur de la force d'Archimède est égale à la valeur .....

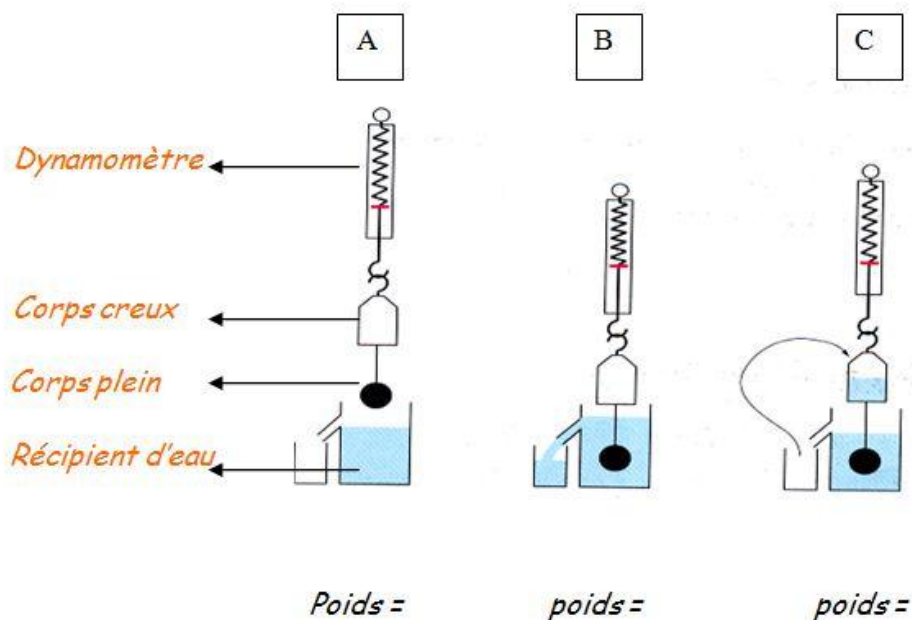
D'autres mesures réalisées dans différents liquides permettent de confirmer ces premiers résultats.

**À Retenir !**

**Loi d'Archimède :** la valeur de la force d'Archimède est égale à la valeur du poids du liquide dont l'objet prend la place.

Réalisons une expérience simple pour **illustrer cette loi d'Archimède**.

- (a) Suspendre à un dynamomètre 2 corps (1 plein et un creux). Notons le poids indiqué au dynamomètre
- (b) Plongeons le corps plein dans le liquide et récupérons le liquide qui a débordé. Notons le poids indiqué au dynamomètre
- (c) Remplissons le corps creux à l'aide du liquide récupéré et notons le poids indiqué au dynamomètre





## 2.4 Applications

### 2.4.1 Comment un sous-marin fait-il surface ?

- Prenons une bouteille en plastique.
- Remplissons-la au tiers à l'aide de billes de verre : la bouteille flotte sur l'eau.
- Perçons la bouteille de plusieurs trous dans le bas, de manière à pouvoir y faire passer un tuyau souple (ou une paille) et à laisser passer l'eau, sans que les billes puissent sortir.
- Ajoutons de l'eau pour remplir complètement la bouteille et refermons le bouchon : maintenant elle coule.
- Glissons une extrémité du tuyau dans la bouteille et soufflons de l'air à l'intérieur.

**PRÉPARATION** : À toi de jouer ! Fabrique ton propre sous-marin à l'aide du mode opératoire décrits précédemment. Assure-toi que ton sous-marin fonctionne correctement et fait surface, ensuite rends-le à ton professeur.

**DATE DE REMISE** : .../.../.....

Remarque : ce travail sera évalué sur un total de 10 points (4pts pour le soin / 1pts pour le respect des consignes / 5pts pour l'efficacité de ton sous-marin)

**Qu'observons-nous ? Comment expliquer ce phénomène ? Comment un sous-marin fait-il pour remonter à la surface ?**

.....

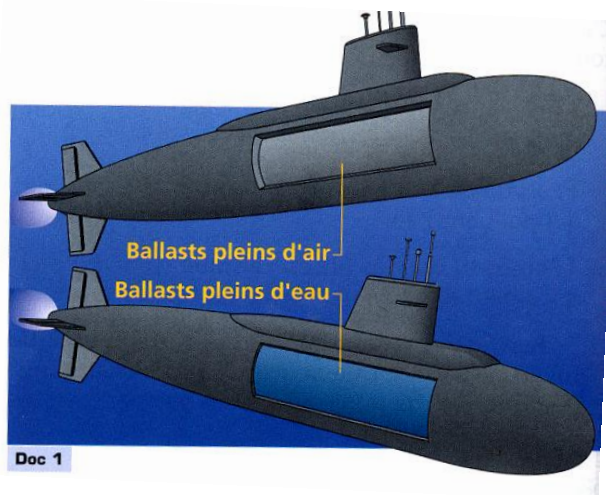
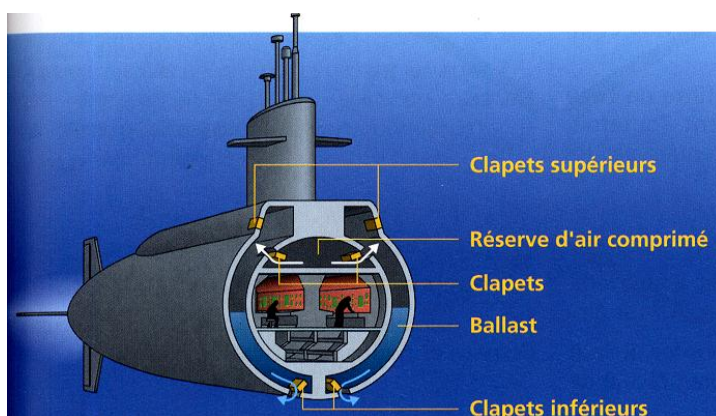
.....

.....

.....

.....

.....



### 2.4.2 L'eau ne pèse rien dans l'eau

- Prenons un sac de congélation. Remplissons-le d'eau et fermons-le hermétiquement en prenant soin de ne pas laisser d'air (exemple : 1/2 L dans un sac d'un litre).
- Suspendons-le à un dynamomètre. Plongeons le sac progressivement dans l'eau.

**Explique le titre :** « l'eau ne pèse rien dans l'eau »

.....

.....

.....

**Qu'observons-nous ? Comment expliquer ce phénomène ? Comment un sous-marin fait-il pour remonter à la surface ?**

.....

.....

.....

Que se passerait-il si nous mettions de l'eau salée dans le sac ?

.....

.....

.....

**Remarque :** La masse volumique de l'eau « pure » et de l'eau salée sont différentes, ce qui explique ce phénomène.

**Masse volumique ( $\rho$ ) de quelques substances exprimées en  $\text{kg/m}^3$**

Aluminium (Al)	2 700	Or (Au)	19 300	Corps humain	1 070	Ether	740
Argent (Ag)	10 500	Platine (Pt)	21 400	Alcool	810	Glace	917
Cuivre (Cu)	8 900	Plomb (Pb)	11 300	Eau	1 000	Essence	700
Etain (Sn)	7 300	Zinc (Zn)	7 100	Eau de mer	1 026	Huile	880
Fer (Fe)	7 900	Mercure (Hg)	13 600	Glycérine	1 226	Méthanol	790

**2.4.3 Archimède et le faussaire**

La légende raconte que c'est dans son bain qu'Archimède a découvert une méthode permettant de savoir si l'orfèvre auquel le tyran de Syracuse avait confié son or l'avait utilisé pour faire la couronne demandée ou s'il en avait remplacé une partie par un métal moins cher.

Le poids de la couronne correspondait exactement au poids de l'or fourni. Le peser ne permettait pas de savoir si elle était en or massif ou simplement recouvert.

La scier l'aurait abimée !

Une expérience simple montre la méthode finalement utilisée. Prenons un sac de 2N de sable et un sac de 2N d'un mélange sable grain de plomb. Suspendons-le aux deux extrémités d'une tige de 25cm de long. Suspendons la tige en son milieu. Nous possédons ainsi une balance à bras égaux. Elle est en équilibre. Plongeons les deux sacs dans l'eau.

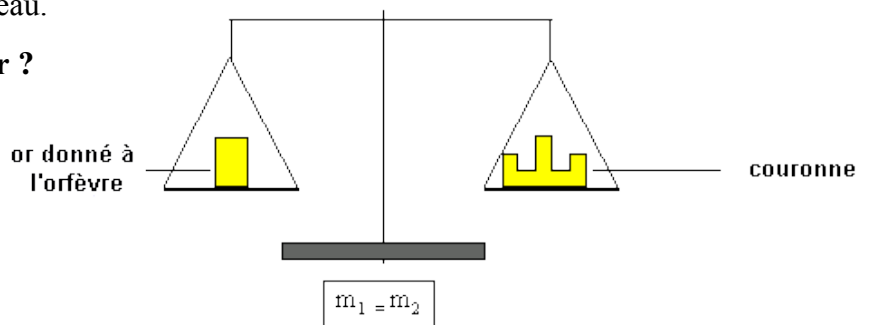
**Que se passe-t-il ? Comment l'expliquer ?**

.....

.....

.....

.....



Archimède a fait le même type d'expérience en suspendant d'un côté la couronne et de l'autre un même poids d'or pur.

## 2.5 Exercices qualitatifs sur la force d'Archimède

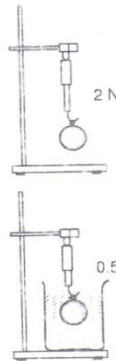
1. Choisis la bonne réponse :

- Un corps immergé dans l'eau **remonte/coule** si son poids est supérieur à la force d'Archimède
- Un corps immergé dans l'eau remonte si la force d'Archimède est **supérieure/inférieure/égale** à son poids.

2. Complète le tableau

Proposition	VRAI	FAUX
Pour un corps complètement immergé, la force d'Archimède dépend du volume du corps.		
Lorsqu'un corps flotte, la force d'Archimède est supérieure au poids du corps.		
Pour des corps de même volume, complètement immergés dans le même liquide, la force d'Archimède est la même.		
La force d'Archimède se mesure en kilogramme.		

3. On réalise l'expérience suivante. Quelle est la valeur de la force d'Archimède sur la boule ?



4. Une boule homogène est suspendue à un dynamomètre. Celui-ci indique 3 N lorsque la boule est en l'air et 1 N lorsqu'elle est immergée complètement dans l'eau. Modélise l'expérience

5. On détermine la force d'Archimède sur 3 corps (1) ; (2) ; (3) plongés dans un même liquide. Les résultats sont les suivants :

	(1)	(2)	(3)
<b>Masse</b>	100 g	150 g	150 g
<b>Volume</b>	50 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>	100 cm <sup>3</sup>

Pour 2 de ces corps, la force d'Archimède est la même. Lesquels et pourquoi ? .....

.....

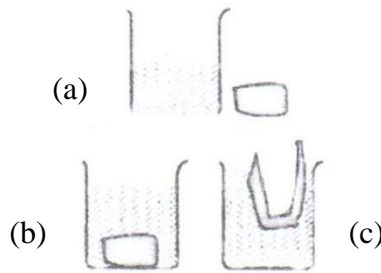
6. Deux élèves étudient la force d'Archimède en suspendant à un dynamomètre des pots fermés par un couvercle et lestés de grains de plomb. Les pots sont identiques, mais les nombres de grains sont très différents.

- a) Dans l'air, les 2 dynamomètres indiquent-ils la même valeur ? .....
- b) Lorsque les pots sont immergés complètement dans un liquide, les deux dynamomètres indiquent-ils la même valeur ? .....
- c) Les forces d'Archimède exercées sur les deux pots sont-elles identiques ? .....

7. Le glaçon flotte à la surface de l'eau.

- a) Comparer son poids à la force d'Archimède exercée par l'eau sur le glaçon.
- b) Comparer la force d'Archimède exercée par l'eau sur le glaçon au poids du liquide déplacé.
- c) Comparer le volume déplacé au volume du glaçon. Que se passe-t-il si on plonge le glaçon dans l'eau salée ?

8. On réalise l'expérience ci-dessous avec le même morceau de pâte à modeler.



Explique les différentes étapes de l'expérience.

.....

.....

.....

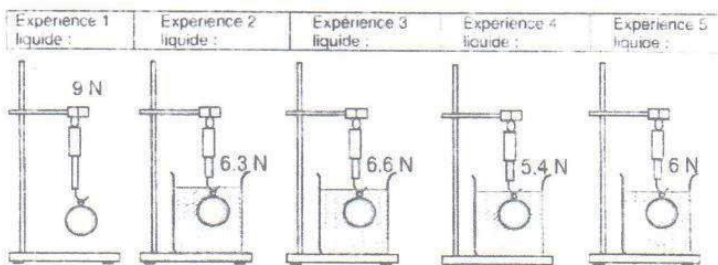
Pourquoi la pâte à modeler flotte-t-elle dans l'expérience (c) alors qu'elle coule dans l'expérience (b) ?

.....

.....

.....

9. On a réalisé les expériences suivantes avec des liquides différents et le même objet. Les liquides employés sont l'eau, l'alcool, l'eau salée et l'huile. Sachant que  $\rho_{\text{alcool}} < \rho_{\text{huile}} < \rho_{\text{eau}} < \rho_{\text{eau salée}}$  attribue aux expériences 2, 3, 4 et 5 le liquide utilisé.



Substance	
Exp. 1	Air
Exp. 2	
Exp. 3	
Exp. 4	
Exp. 5	



# La pression hydrostatique

## 1. RAPPEL DES NOTIONS VUES

(Dans le nouveau programme du cours de sciences au 1<sup>er</sup> degré du secondaire, ces notions sont abordées en début de 2<sup>e</sup>, au cours du thème 7 : « Tous sous pression ! »).

Un liquide contenu dans un récipient exerce une force sur chaque fragment de la paroi avec laquelle il est en contact. La droite d'action de cette force est perpendiculaire à la paroi. On parle de force **pressante**.

Quand une surface pressée  $S$  est soumise à la force pressante  $F$ , on dit qu'il y a, à cet endroit, une pression  $p$  telle que :

$$p = \frac{F}{S}$$

## 2. FORCE PRESSANTE ET PRESSION

Nous avons vu (voir « les corps flottants ») que l'eau exerce des forces pressantes sur le fond et sur les côtés des objets immergés.

On peut se demander si, à profondeur égale, chaque portion de la surface, chaque centimètre carré, chaque mètre carré, subit la même force. Cette fois il nous faut réaliser une expérience au cours de laquelle des **mesures** seront effectuées.

Nous utiliserons plusieurs boîtes cylindriques de sections différentes (conserves de différentes tailles). Elles vont nous servir à calculer la force exercée par l'eau sur chaque élément du fond, à une profondeur déterminée (5 cm par exemple). Il suffira de les surcharger pour qu'elles s'enfoncent jusqu'à cette profondeur. Comme elles flottent, la force pressante de l'eau sur le fond (à 5 cm de profondeur) est **égale** au poids de la boîte !

Traçons une ligne sur le côté de chaque boîte, à 5 cm du fond (attention au rebord). Posons-les sur l'eau. Elles flottent. Surchargeons-les de manière à ce qu'elles s'enfoncent jusqu'aux lignes marquées. Il est indispensable (et pas toujours facile) d'équilibrer les boîtes pour qu'elles restent verticales ! Sortons les boîtes, séchons-les et pesons-les (avec leur charge). Les résultats des mesures seront placés dans le tableau ci-dessous. Il faudra ensuite calculer la force exercée sur chaque unité de surface. Rappelons que dans le **Système International** d'unité (SI), l'aire s'exprime en  $m^2$ .

 COMPLETE LE TABLEAU SUIVANT APRES AVOIR FAIT LES EXPERIENCES

Poids (N)	Force Pressante (N)	Diamètre (cm)	Aire du fond (m <sup>2</sup> )	Force pressante Aire du fond (Pa)

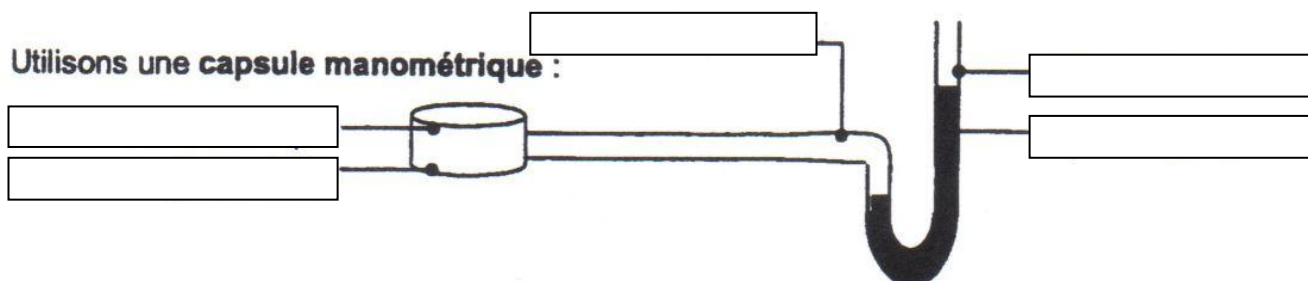
Pression moyenne :

Pression théorique :

**À Retenir !**

**Le quotient de la force pressante par l'aire de la surface pressée est constant. Ce quotient correspond à la force exercée sur chaque unité de surface. C'est la PRESSION**

### 3. ETUDE QUALITATIVE DE LA PRESSION AU SEIN D'UN LIQUIDE



Que se passe-t-il dans le tube en U lorsque tu appuies sur la membrane ? .....

.....

.....

*Usage : Si la capsule manométrique est hors de l'eau, les niveaux d'eau colorée dans les 2 branches du manomètre sont égaux ; le niveau du liquide coloré est en rapport avec la pression exercée sur la membrane ; plus la pression est élevée, plus le liquide monte.*

**La capsule manométrique est l'instrument qui permet d'estimer la pression hydrostatique**

#### 3.1 Expérimentation à l'aide de la capsule manométrique (laboratoire)

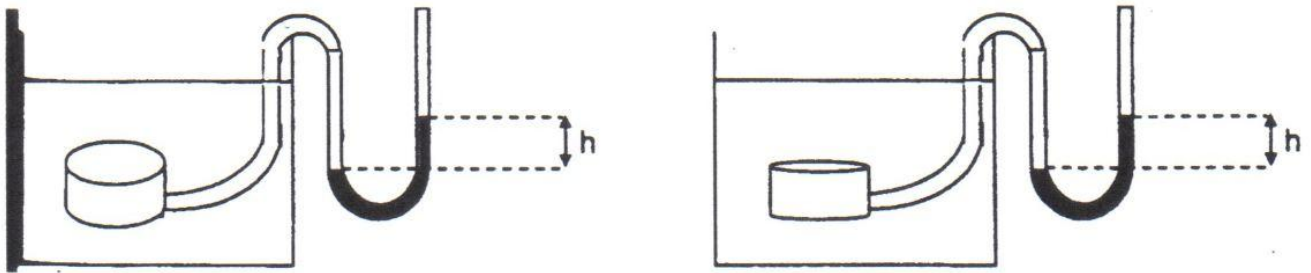
##### 3.1.1 Vérification de l'existence de la pression au sein d'un liquide

Plongeons la capsule manométrique dans l'eau. Nous constatons que .....

**La pression hydrostatique est la pression qui existe au sein d'un liquide.**

### 3.1.2 Facteurs influençant la pression hydrostatique

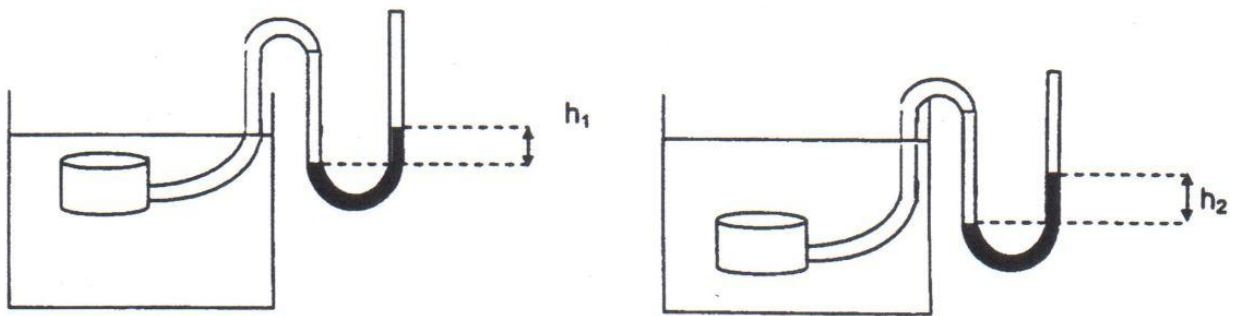
#### a) Influence de la direction de la capsule



Si on maintient la capsule à la même profondeur et qu'on la tourne dans toutes les directions :

**Le paramètre « direction » est-il un paramètre significatif de la pression hydrostatique ?**  
 .....

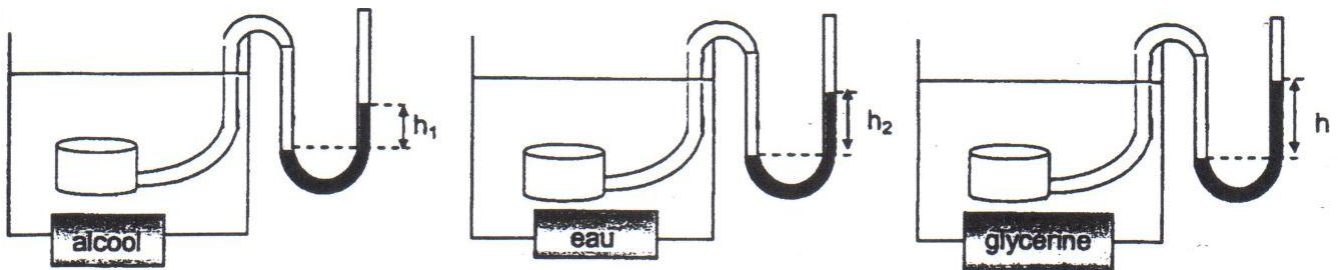
#### b) Influence de la profondeur



Si on enfonce la capsule de plus en plus profondément dans l'eau : Le quotient .....

**Le paramètre « profondeur » est-il un paramètre significatif de la pression hydrostatique ?**  
 .....

#### c) Influence de la nature du liquide



Si on enfonce la capsule dans des liquides de nature différente

**Le paramètre « masse volumique » est-il un paramètre significatif de la pression hydrostatique ?**  
 .....

$\rho_{\text{alcool}} =$

$\rho_{\text{eau}} =$

$\rho_{\text{glycérine}} =$

### 3.1.3 Formulation de la relation recherchée

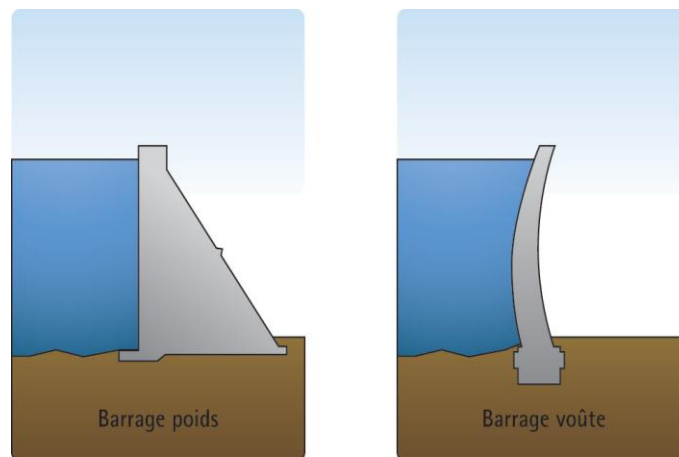
- La pression est une grandeur indépendante de la direction
- La pression dans un liquide est ..... à la profondeur (h en mètre)
- La pression dépend de la ..... du liquide
- (la pression dépend du champ de pesanteur, mais nous ne pouvons pas le vérifier, à moins que l'un d'entre nous puisse aller sur la Lune !)

$p =$

↖  
Pa

## 3.2 Conséquences de la pression hydrostatique

- Les digues des rivières et des canaux subissent de la part de l'eau qu'ils contiennent de très fortes pressions. En période de crue, ces pressions peuvent atteindre des valeurs telles qu'elles rompent les digues et provoquent des inondations.
- Les murs des barrages ont une épaisseur croissante, car la pression augmente avec la profondeur.



- Les parois des aquariums doivent être faites en verre épais.
- Les scaphandres doivent être d'autant plus résistants que les scaphandriers descendent plus profondément dans l'eau.
- Dans les profondeurs des mers, la pression hydrostatique atteint des valeurs énormes.

CALCULE LA PRESSION HYDROSTATIQUE QUI EST EXERCEE EN PLEINE MER A UNE PROFONDEUR DE :  
100 m ; 1 000 m ; 10 000 m (*remarque : la profondeur de l'océan peut atteindre 11 000 m*)

- Les poissons qui vivent dans les grandes profondeurs sont dotés d'organismes capables de résister à des pressions importantes (grande pression à l'intérieur de l'organisme animal). Si on ramène rapidement en surface ces poissons, ils explosent par suite de la diminution rapide de la pression hydrostatique.



### 3.3 Applications de la pression hydrostatique

#### 3.3.1 Les châteaux d'eau

Lors de tes déplacements en voiture ou tes promenades dans les petits villages de campagne, tu as sûrement remarqué ces immenses constructions que sont les **châteaux d'eau**.

À ton avis à quoi sert un château d'eau ? .....

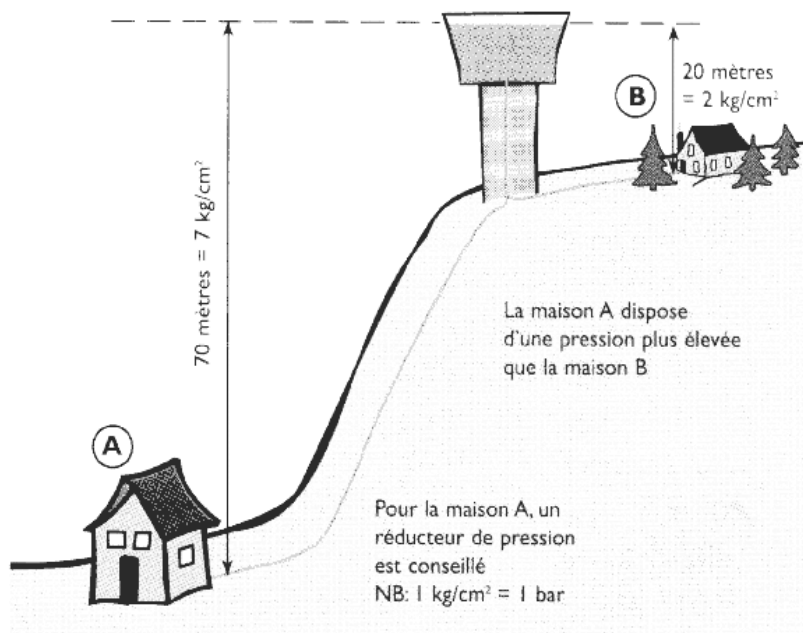
.....

.....

.....

 OBSERVE LE SCHEMA CI-DESSOUS ET REPONDS AUX QUESTIONS POSEES

*De quoi dépend la pression de l'eau de distribution ?*



- Pourquoi les maisons (A) et (B) sont alimentés en eau ?

.....

.....

.....

- Imagine une maison située sur le sommet d'une colline, 100 m plus haute que la maison B. Pourrait-elle être alimentée naturellement par l'eau du **château d'eau** ?

.....

.....

.....

### 3.3.2 Sport à risques: La plongée

**Le masque se plaque sur le visage ; les oreilles font mal. Toute personne qui a déjà plongé à plus d'un mètre de profondeur le sait ...**

Ce phénomène est causé par la **PRESSION HYDROSTATIQUE**

*Nous en avons déjà parlé précédemment.*

## 3.4 Quelques problèmes à résoudre

 VOICI QUELQUES PROBLEMES POUR MIEUX COMPRENDRE LA PRESSION HYDROSTATIQUE.

1. Calculer la pression hydrostatique régnante à une profondeur de 50m dans la mer.
2. Un réservoir de 2 m de long, 1 m de large et 1,5 m de haut contient de l'essence sur une hauteur de 1,2 m. Quelle est la valeur de la force pressante qui s'exerce sur le fond et la pression qui en résulte ?
3. Un homme nage dans la mer du Nord à une profondeur de 20 m. Quelle est la pression de l'eau sur son corps ?
4. Calculer la force pressante exercée sur un robinet et de  $2,5 \text{ cm}^2$  de section par l'eau d'une canalisation de distribution sachant que la différence des niveaux entre le robinet et le niveau du château d'eau est de 50 m.
5. On constate à la sortie d'un robinet, une pression de  $60 \text{ N/cm}^2$  ( $\rho = 1005 \text{ Kg/m}^3$ ). À quelle hauteur se trouve la surface libre de l'eau du château d'eau par rapport au robinet ?

## 4. EXERCICES QUANTITATIFS ET QUALITATIFS SUR LA FORCE D'ARCHIMEDE DANS LES LIQUIDES

### 4.1 Exercice quantitatif

Aluminium (Al)	2 700	Or (Au)	19 300	Corps humain	1 070	Ether	740
Argent (Ag)	10 500	Platine (Pt)	21 400	Alcool	810	Glace	917
Cuivre (Cu)	8 900	Plomb (Pb)	11 300	Eau	1 000	Essence	700
Etain (Sn)	7 300	Zinc (Zn)	7 100	Eau de mer	1 026	Huile	880
Fer (Fe)	7 900	Mercure (Hg)	13 600	Glycérine	1 226	Méthanol	790

1. Quelle est la poussée d'Archimède subie par une péniche de 100 tonnes naviguant sur un canal ?
2. Quelle est la poussée d'Archimède subie par un navire de 100 tonnes naviguant en mer ?
3. Quel est le volume immergé d'une péniche de 100 tonnes naviguant sur un canal ?
4. Quel est le volume immergé d'un navire de 100 tonnes naviguant en pleine mer ?
5. Quel est le poids maximal que ne peut dépasser une boîte de conserve de 0,5L pour ne pas couler dans l'eau pure ? Même question pour l'eau de mer.
6. Un cube de cuivre de 5 cm de côté est plongé dans l'eau. On le suspend à un dynamomètre puis on le plonge dans l'eau. Qu'indiquera le dynamomètre ?
7. Une sphère en aluminium a un volume de  $10 \text{ cm}^3$ . Quel est son poids dans l'air ? Que vaut la force d'Archimède exercée par l'eau sur cette sphère ?
8. Un morceau de plomb a une masse de 40kg. On le suspend à un dynamomètre puis on le plonge dans l'eau ; qu'indiquera le dynamomètre ?
9. On suspend une sphère de cuivre de 2,5kg à un dynamomètre puis on la plonge dans l'eau. Qu'indiquera ce dynamomètre ?
10. Un cube de zinc pèse dans l'air 50N. On le suspend à un dynamomètre puis on le plonge dans l'alcool. Qu'indiquera ce dynamomètre ?
11. Plongé dans de l'eau pure, un corps complètement immergé subit une poussée de 0,735 N. Quelle serait la force d'Archimède exercée sur ce corps dans de l'eau salée ( $= 1030 \text{ kg/m}^3$ ) ?
12. Si on suspend à un dynamomètre un objet en cuivre de 3,5kg et qu'on plonge cet objet dans un liquide dont la masse volumique est de  $800 \text{ kg/m}^3$ , qu'indiquera le dynamomètre ?
13. Un objet a dans l'air un poids de 2N. Lorsqu'on le suspend à un dynamomètre puis qu'on le plonge dans l'eau, le dynamomètre indique 1,6N. Quel est son volume ?
14. On suspend un bloc de verre à un dynamomètre. Il indique 1,33N. On immerge le bloc dans l'eau et le dynamomètre indique 0,86 N. On immerge ensuite le bloc dans l'alcool et le dynamomètre indique 0,96 N. Quel est le volume du bloc de verre ? Quelle est la masse volumique de l'alcool ?
15. Une cuvette métallique vide a une masse de 60 kg. Sa base est un rectangle de 10 dm sur 8 dm et sa hauteur est de 5 dm. Elle flotte à la surface de l'eau. Calculer la hauteur de la partie immergée. Quel poids minimum faut-il placer dans la cuvette pour qu'elle soit entièrement immergée ?

### Exercices de dépassement

1. Lors d'une expérience en classe, le professeur met 8 L d'eau dans un seau de 10 L. Il met ensuite du sable dans une bouteille en plastique de 1 L. Il place la bouteille sur une balance qui indique 900 g. Il met la bouteille dans l'eau.
  - a) La bouteille flotte-t-elle ou coule-t-elle ?
  - b) Quelle est la valeur de la poussée d'Archimède subie par la bouteille ?
  - c) Si la bouteille flotte, quel est le volume qui est immergé ?
2. Le professeur recommence l'expérience, mais en utilisant cette fois du méthanol. Répondre aux mêmes questions.
3. Un sac contenant du sable est suspendu à un dynamomètre qui indique 2 N. Lorsque le sac est immergé dans l'eau pure, le dynamomètre n'indique plus que 0,6 N. Quelle est la masse volumique du sable ?
4. Un bloc de bois pèse 88 N. Si on suspend un morceau de plomb à un dynamomètre et qu'on plonge dans de l'eau, celui-ci indique 133 N. On attache le bloc de plomb au bloc de bois, ainsi ils sont tous les deux entièrement immergés. Le dynamomètre indique alors 97 N.
  - a) Quel est le volume du plomb ?
  - b) Calculer la masse volumique du bois.
  - c) Quel serait le volume immergé du bois si on le déposait seul sur l'eau ?

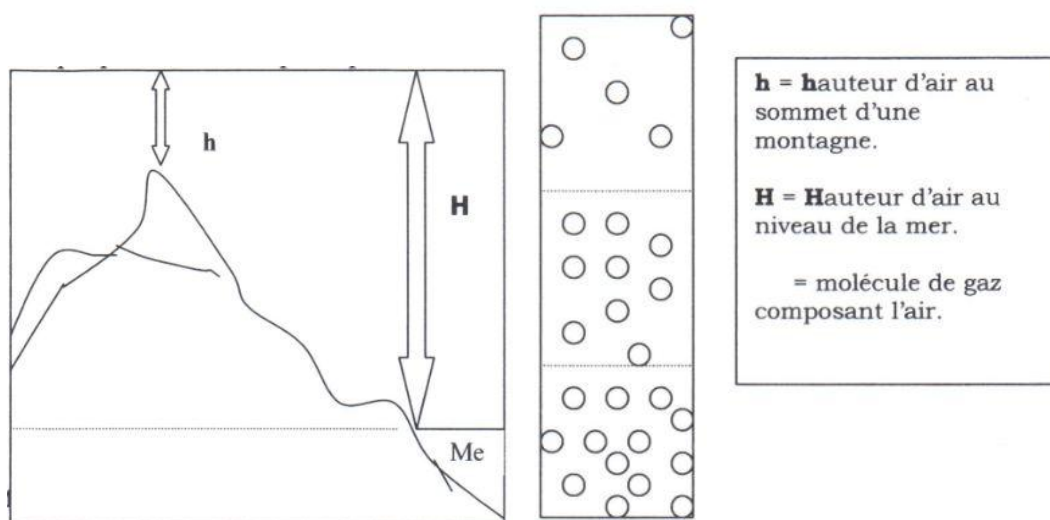


# La force d'Archimède dans les gaz

## 1. ÉVOLUTION DES MODELES « LIQUIDE » ET « GAZ » EN 3<sup>E</sup>

### 1.1 Modèle « gaz »

Il peut être maintenu tel quel. *Par exemple : la pression atmosphérique.*



### 1.2 Modèle « liquide »

Il doit être amélioré, car il faut que tu construises un modèle te permettant de comprendre et de relier celui-ci aux nouvelles notions développées lors de ce chapitre.

*Par exemple : Pourquoi la pression hydrostatique augmente-t-elle avec la profondeur ?*

#### Réalisons une petite expérience pour illustrer le phénomène

##### Matériel

- 1 bouteille percée de 3 trous
- Papier collant
- Eau

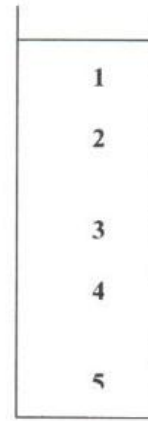
##### Mode opératoire


- Boucher les trous à l'aide de papier collant
- Remplir la bouteille d'eau
- Enlever rapidement le papier collant

Constatation

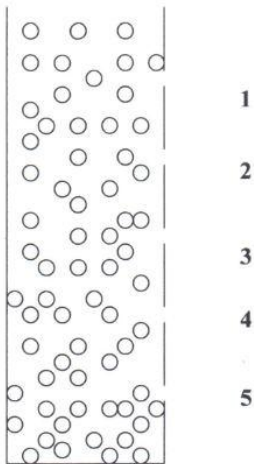
Les jets sortent perpendiculairement à la paroi de la bouteille :

.....  
 .....  
 .....



 SCHEMATISE CE QUE TU VOIS PENDANT L'EXPERIENCE SUR LE SCHEMA CI-CONTRE

Voici la modélisation de cette expérience :



Compte le nombre de molécules au niveau du jet n°1 et du jet n°5, en partant de la surface libre de l'eau.

Que constates-tu ?

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**À Retenir !**

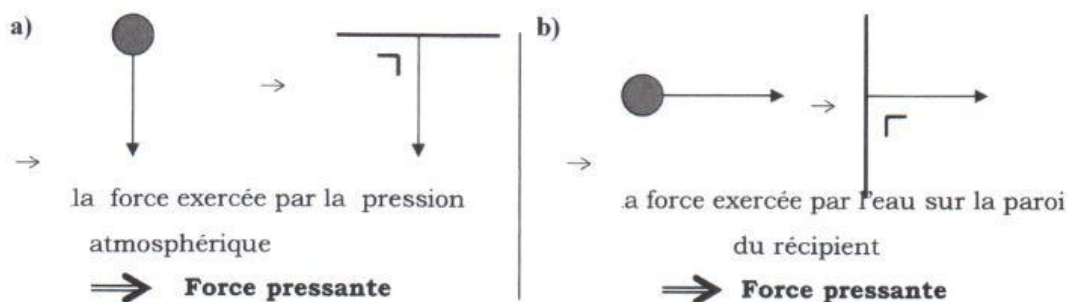
**Quand la hauteur de la colonne d'eau est grande, il y a beaucoup de molécules, donc la pression est forte.**

**Quand la hauteur de la colonne d'eau est petite, il y a peu de molécules, donc la pression est basse.**

Pourquoi l'eau sort-elle de la bouteille ?

**La pression atmosphérique exerce une force sur la surface libre de l'eau. L'eau exerce une force sur les parois (surfaces) du récipient qui la contient. Ces forces sont appelées forces pressantes et la surface sont dites surfaces pressées.**

Modélisons ces forces :



## 2. LA FORCE D'ARCHIMEDE DANS LES GAZ

### Objectifs de l'activité

- Découvrir que le principe de la poussée d'Archimède est aussi applicable aux gaz (généralisation aux fluides)
- Transférer le théorème d'Archimède dans des applications quotidiennes
- Relier le principe de la poussée d'Archimède à la modélisation des fluides

### 2.1 Résumé de l'activité

Gonflons deux ballons de baudruche identiques. Suspendons-les aux extrémités d'une tige légère de 1 m de long. La tige peut tourner autour d'un axe horizontal passant par son milieu. Nous obtenons une espèce de balance en équilibre.

Chaufons un des ballons à l'aide d'un sèche-cheveux, tout en maintenant la balance immobile. Lâchons la tige. L'équilibre est rompu, le côté où se trouve le ballon chauffé monte.

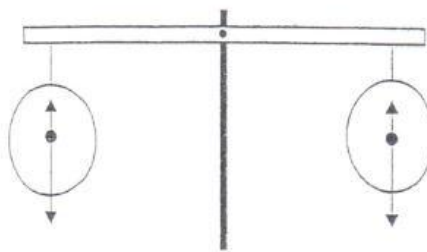
C'est la poussée d'Archimède qui est la cause de ce phénomène.

Les ballons subissent la force de pesanteur verticale vers le bas et la poussée d'Archimède verticale vers le haut.

La poussée d'Archimède est inférieure à la force de pesanteur : si nous lâchons le ballon, il tombe.

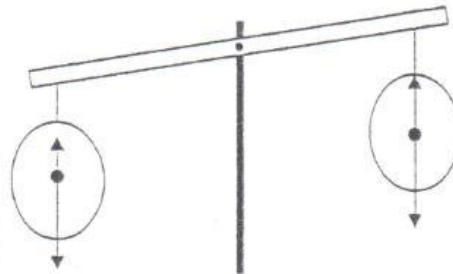
Ces forces sont représentées sur les schémas.

Au début, la barre est en équilibre.



On chauffe le ballon de droite. À gauche, rien ne change. Le poids du ballon de droite ne change pas (l'air est enfermé, la masse ne peut donc varier).

L'air chaud se dilate (c'est la même chose pour l'eau, le fer des rails et pour la plus grande partie des matériaux). Le volume du ballon chaud augmente. La poussée d'Archimède qu'il subit augmente (la flèche qui la représente est plus longue). La barre est déséquilibrée.



**Comme dans les liquides, dans un gaz, la poussée d'Archimède est égale au poids du volume de gaz déplacé (dont l'objet prend place).**

Comme la masse volumique de l'air est faible (de l'ordre de  $1,3\text{kg/m}^3$ ), la poussée d'Archimède exercée par l'air passe généralement inaperçue. Mais elle existe et tout objet la subit. Si elle est plus grande que la force de pesanteur, l'objet monte. C'est ce qui arrive aux ballons gonflés à l'hélium et aux montgolfières !

*Comment une montgolfière s'élève-t-elle et descend-elle ?*

La montgolfière est le premier enfin à s'élever dans les airs, le ballon à air chaud fut inventé par les frères Montgolfier et expérimenté en public le 4 juin 1783. Les premiers passagers furent en septembre 1783 un coq, un canard et un mouton ! Enfin, en novembre 1783, le marquis d'Arlandes et Pilâtre de Rozier, survolait Paris pendant 25 minutes.



**Fonctionnement** : Les montgolfières, contrairement aux ballons gonflés à l'hélium, comportent une ouverture dans le bas. L'air qu'ils contiennent peut donc sortir, mais uniquement par cette ouverture. Il est chauffé par un bruleur pour permettre au ballon de s'élever. Une expérience assez facile à réaliser permet de modéliser ce qui se passe dans ces ballons.



**ACTIVITÉ COMPLÉMENTAIRE** : À toi de jouer ! Tu recevras en annexe, le mode opératoire pour fabriquer ta propre montgolfière en papier. Ce bricolage n'est pas à rendre et ne sera pas côté.

**DATE DE REMISE** : Aucune

## 2.2 Autre expérience à réaliser

- Coupons le bas de deux bouteilles en plastique de 1,5L (bien sèches)
- Suspendons-les, ouvertures vers le bas, aux extrémités d'une tige légère de 1m de long, accrochée en son milieu.
- Nous obtenons une espèce de balance en équilibre.
- Plaçons une bougie allumée sous une des bouteilles.
- Quelques instants plus tard, l'équilibre est rompu, la bouteille où l'air chauffé s'élève...
- L'explication du phénomène se fait en deux temps.

 REALISE UN SCHEMA DE LA SITUATION PROPOSEE.

### Informations :

Quand une montgolfière descend trop, on allume le bruleur. L'air qu'elle contient est chauffé. Il se dilate (une partie sort du ballon par l'ouverture se trouvant en bas). Le poids de l'air dans le ballon diminue, devient inférieur à la force d'Archimède. Cela le pousse vers le haut. Il pousse le ballon vers le haut. Quand cette poussée est supérieure au poids du ballon, la montée peut reprendre.

Pour descendre, il suffit de laisser l'air refroidir. Il se contracte (de l'air froid entre par le bas). L'air refroidi est plus lourd, il pousse de moins en moins le ballon vers le haut. Il est également possible d'ouvrir une soupape dans le haut du ballon pour laisser de l'air chaud s'en échapper (de l'air froid prend sa place, rentrant par le bas). La descente est alors plus rapide.





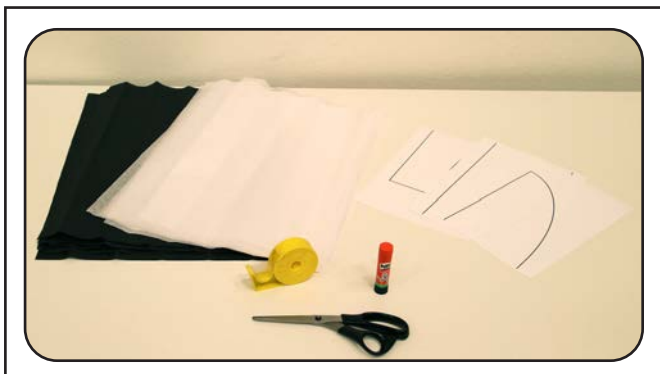
**Liste du matériel nécessaire:**

- 8 feuilles A3 de papier de soie
- Les 3 dernières pages de ce document imprimées
- 1 paire de ciseaux
- 1 rouleau de scotch
- 1 bâton de colle à papier
- 1 sèche-cheveux



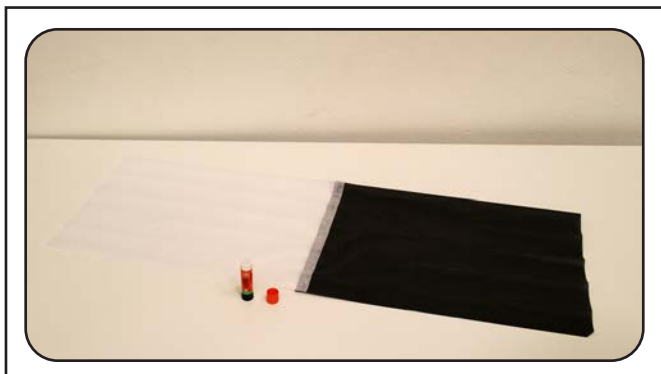
**Danger:**  
Attention de ne pas te couper en te servant des ciseaux.  
Si tu n'es pas confiant,  
demande de l'aide à un adulte!

Etape #1



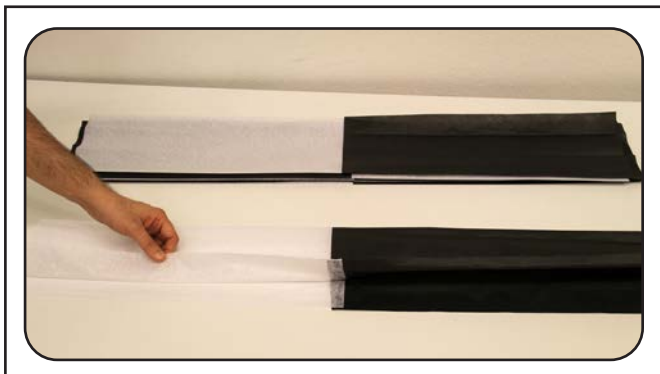
Prépare les différents éléments nécessaires à la conduite de l'expérience.

Etape #2



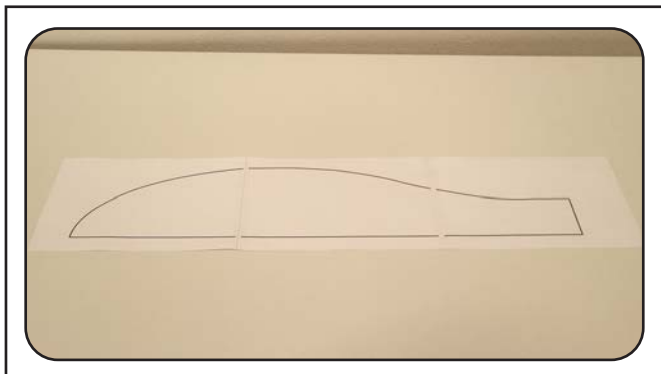
Colle le papier de soie bout à bout, par deux, à l'aide du bâton de colle.

Etape #3



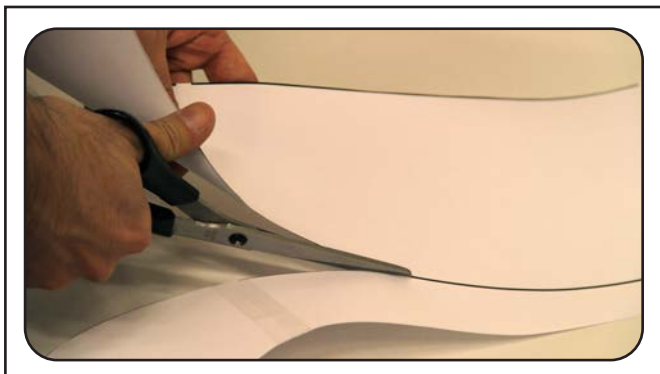
Plie les feuilles en deux dans le sens de la longueur.

Etape #4



Avec le scotch, colle le patron (les 3 dernières feuilles de ce document) bout à bout.

Etape #5



Découpe le patron selon les lignes.

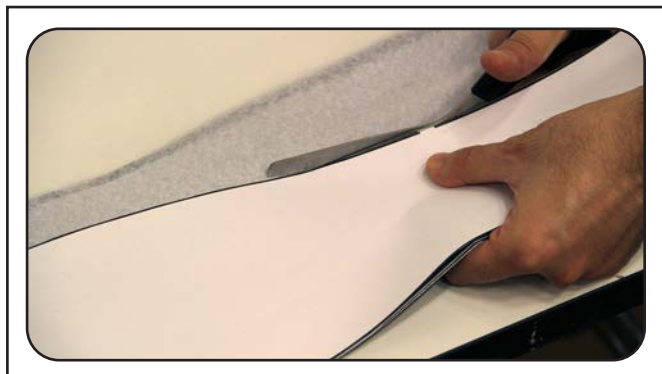
Etape #6



Positionne le patron sur les feuilles de papier soie. Maintiens le tout en place à l'aide de trombones.

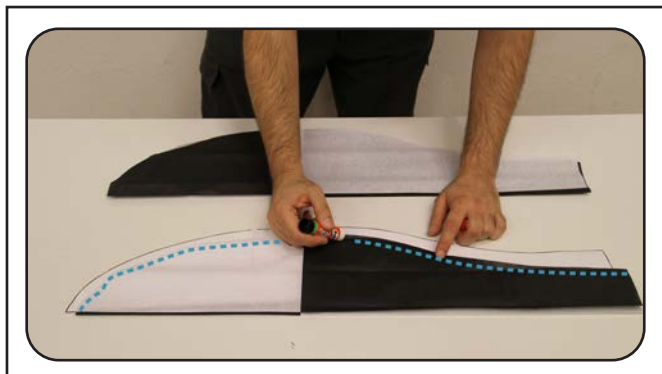


Etape #7



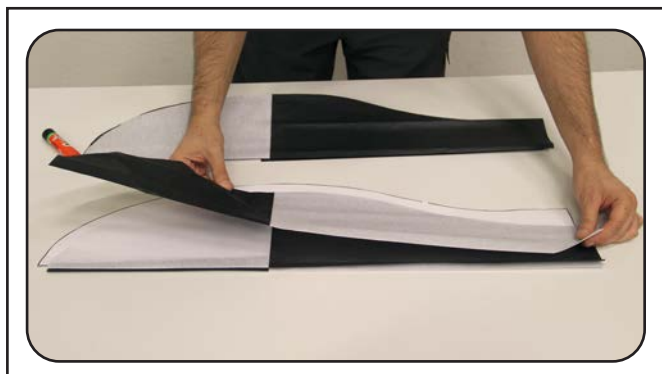
Découpe le papier soie en suivant le patron.

Etape #8



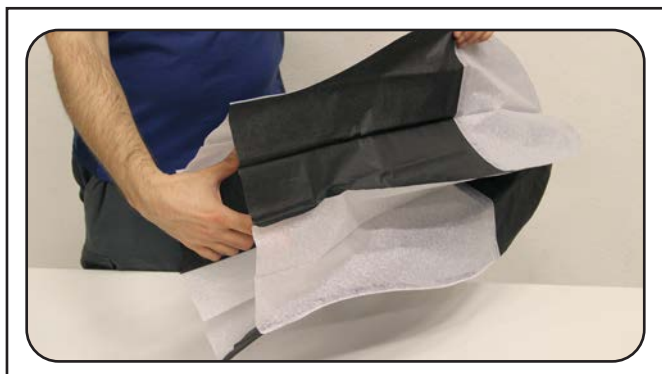
Enduis de colle le bord du papier soie.

Etape #9



Colle les autres morceaux de papier soie dessus.  
Répète l'opération avec les 4 morceaux et colle les derniers  
l'un contre l'autre afin de fermer la montgolfière.

Etape #10



Déplie la montgolfière et assure-toi qu'elle soit bien collée  
de tous les côtés.

Etape #11



Retrousse délicatement la montgolfière afin que les coutures  
se trouvent à l'intérieur.

Etape #12



A l'aide du sèche-cheveux, gonfle la montgolfière et fais  
chauffer l'air à l'intérieur.  
Lorsque l'air sera suffisamment chaud, la montgolfière  
montera toute seule.

Pour plus d'informations sur ce phénomène, rends-toi sur [www.rts.ch/odk](http://www.rts.ch/odk) afin de re-visionner l'émission !

