

EXPERTS 3

Physique

Bienvenue dans le livre-cahier d'Experts Physique !

Experts t'accompagnera tout le long de l'année dans l'apprentissage des sciences et plus particulièrement de la Physique.

Pour cette 3^e année, la matière de physique est divisée en deux unités d'acquis d'apprentissage (UAA) : *l'Électricité et Flotte, coule, vole !* Chacune de ces deux parties est scindée en chapitres.

Les compétences à développer sont notées au début des deux unités d'acquis d'apprentissage. Chaque chapitre débute par la présentation des objectifs à atteindre en fin de parcours.

Le fil conducteur de ton apprentissage est l'expérimentation. De plus, les notions seront étudiées dans des applications de la vie quotidienne.

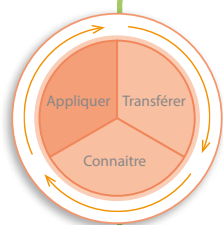
Ces méthodes actives (l'élève est au cœur de son apprentissage) transforment complètement la manière dont la matière est abordée et donnent à la pédagogie développée une nouvelle dynamique.

Les logos suivants attireront ton attention sur certains points de matière à mettre en évidence :



- Les notions à connaître**
- Un peu de culture**
- L'essentiel à retenir**
- Référence à des travaux pratiques disponibles en fin de chapitre.**

Tu trouveras dans ton livre-cahier ce sigle.



Connaître Tu construis/explicites des ressources.

Appliquer Tu mets en application tout ce que tu as appris dans une situation déjà vue.

Transférer Tu mets en application tout ce que tu as appris mais, cette fois, dans une situation nouvelle.



Nous n'avons pas l'ambition de faire de toi un expert mais de te montrer le chemin pour y parvenir.



Les labos en pratique

Au laboratoire, tu effectueras des mesures et tu devras les interpréter. Voici quelques règles à respecter.

1. Les mesures

En effectuant la mesure d'une grandeur physique, on fait des erreurs. Parfois on la surestime, parfois on la sous-estime. Ces erreurs sont qualifiées d'aléatoires. Ainsi, si on mesure le temps avec un chronomètre, on peut déclencher celui-ci avant ou après l'instant initial. Une répétition des mesures limite l'erreur aléatoire.

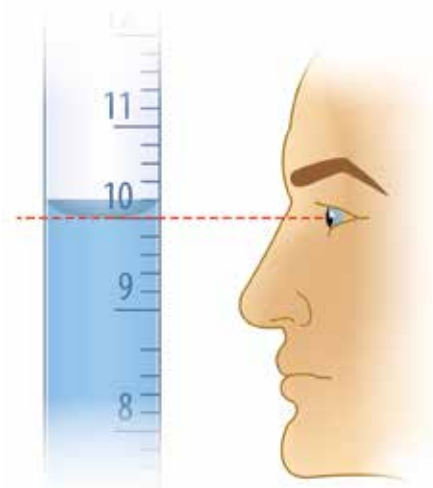
Tu effectueras donc plusieurs mesures (cinq, par exemple) d'une même valeur:

Tu calculeras la moyenne de celles-ci.

Lire un volume de liquide

Pour mesurer le volume de liquide dans un cylindre gradué, tu dois :

- Placer le cylindre gradué sur une surface plane et rigide.
- Te placer de façon telle que ton œil soit au même niveau que le ménisque du liquide dans le cylindre gradué.



C'est la ligne inférieure du ménisque qui te donne la valeur correcte.

2. Présentation des mesures.

Les résultats de l'expérience doivent être présentés de façon attrayante et pertinente afin que les relations entre les grandeurs puissent être identifiées. Un tableau de mesures classe et ordonne les différentes valeurs récoltées. Le graphique permet de visualiser rapidement ces relations.

Élaborer un tableau de mesures

Tu identifieras d'abord les grandeurs mesurées ainsi que leurs symboles et leurs unités. Tu noteras, dans la première colonne, la variable contrôlée et, dans la deuxième colonne, la variable dépendante, c'est-à-dire celle dont la valeur dépend de la première. Ainsi, si tu étudies le mouvement d'une petite voiture, la variable contrôlée est le temps et tu repères la position du jouet chaque seconde. La position est la variable dépendante. Tu organiseras tes mesures de la façon suivante :

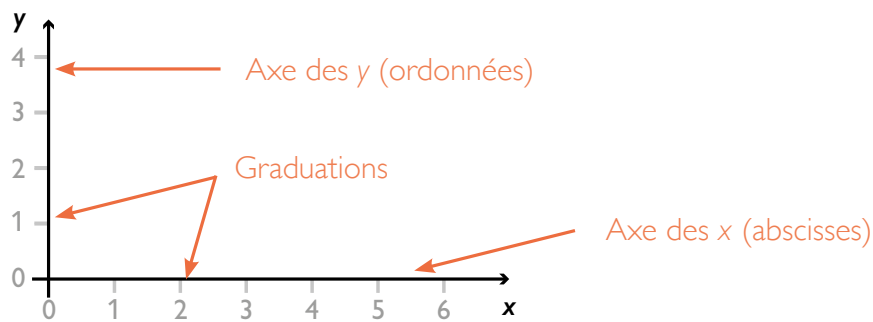
Temps t (s)	Position d (cm)
0	0
1	24,5
2	48,5
3	72,0

Les mesures de la variable contrôlée (première colonne) doivent être écrites dans l'ordre croissant et avec la même précision. En effet, écrire « 1 s » et « 1,0 s » n'a pas la même signification : « 1 s » signifie que la précision de la mesure est la seconde mais « 1,0 » indique que l'on peut faire des mesures au dixième de seconde.

Écrire les symboles des unités en tête des colonnes permet de ne pas les recopier à chaque fois. Cependant, il faut veiller à toujours utiliser la même unité pour les différentes mesures.

Construire un graphique

En général, pour construire un graphique, il faut tracer deux axes perpendiculaires : un axe horizontal (axe des x ou axe des abscisses), sur lequel on indique la variable contrôlée et un axe vertical (axe des y ou axe des ordonnées), sur lequel on indique la variable dépendante. Les valeurs indiquées sur y dépendent des valeurs indiquées en x . On parle de **représentation de y en fonction de x ($y(x)$)**.



Chaque axe porte une flèche à son extrémité afin de montrer le sens croissant des graduations.

Les graduations sont à l'extérieur de l'axe. Il faut en placer quelques-unes afin de se repérer plus facilement.

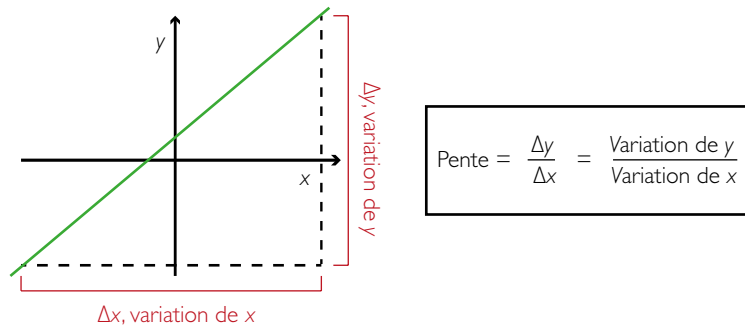
À l'extrémité de chaque flèche, on indique la grandeur que l'on porte sur l'axe et l'unité choisie pour la représenter. On n'utilisera pas nécessairement la même échelle sur les deux axes.

Le graphique doit être accompagné d'un titre (et parfois d'une légende).

Les labos en pratique

1. Le graphique tracé est une droite.

Dans ce cas, on dit que la relation entre les grandeurs représentées est linéaire. Les deux grandeurs sont directement proportionnelles. Nous pouvons écrire : $y = mx + p$ qui devient : $y = mx$ si la droite passe par l'origine des axes. C'est l'**équation de la droite**. La pente, qui est représentée par la lettre m , mesure l'inclinaison de la droite. La pente d'une droite est **unique**. Elle correspond à la variation de la valeur de y lorsque x augmente d'une unité. Graphiquement, elle exprime la variation verticale de la droite pour un déplacement horizontal d'une unité positive.



Signification de la pente :

La pente nous donne une indication sur l'inclinaison de la droite.

Une pente nulle correspond à une droite parallèle à l'axe des abscisses. La grandeur est constante.

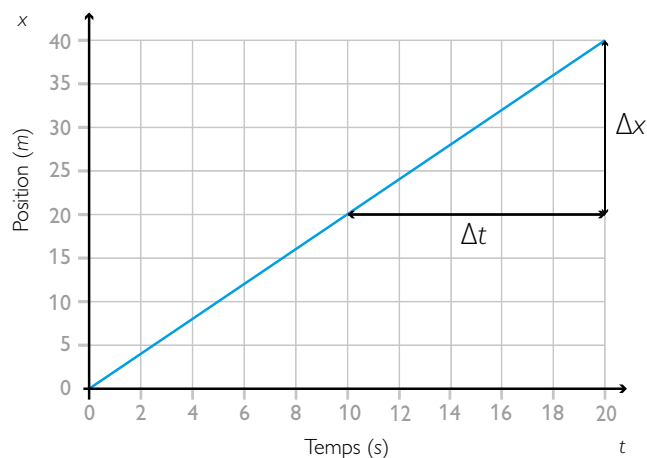
Plus la pente est élevée, plus la droite aura tendance à être parallèle à l'axe des ordonnées.

Une pente positive correspond à la représentation graphique d'une fonction croissante.

Une pente négative correspond à la représentation graphique d'une fonction décroissante.

En physique, la pente a souvent une unité : celle de y divisée par celle de x .

Exemple : Si l'axe des ordonnées représente la position et que l'axe des abscisses représente le temps, nous avons un graphique de la position en fonction du temps.



La pente de la droite $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ donne la vitesse et s'exprime en m/s et vaut $\frac{20}{10} = 2 m/s$

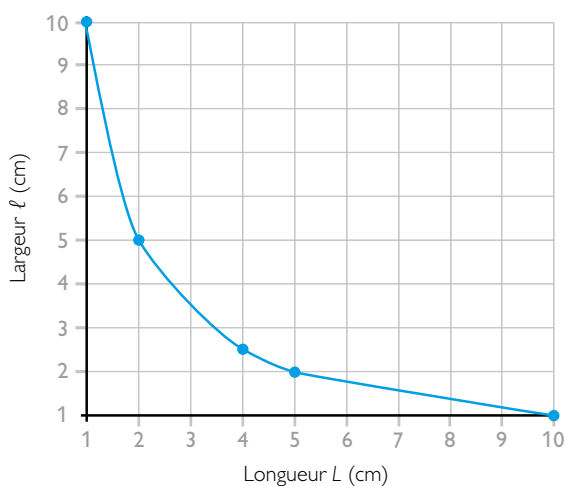
2. Le graphique tracé est une hyperbole

Deux grandeurs inversement proportionnelles sont représentées par une courbe particulière appelée hyperbole. Dans ce cas, les deux grandeurs sont dites **inversement proportionnelles** ; cela signifie qu'une grandeur est proportionnelle à l'inverse de l'autre. Lorsque x est multiplié par un facteur, y est divisé par ce même facteur.

Ainsi, si l'on détermine quels sont les différents rectangles possibles ayant une surface S de 10 cm^2 , on peut dresser le tableau suivant :

Longueur L (cm)	Largeur ℓ (cm)	Surface S (cm ²)
1,0	10,0	10
2,0	5,0	10
4,0	2,5	10
5,0	2,0	10
10,0	1,0	10

À partir d'un tableau de nombres, il est possible de déterminer si deux grandeurs sont inversement proportionnelles en faisant le produit de la variable dépendante par la variable contrôlée. Si celui-ci est constant (aux incertitudes de mesure près), les grandeurs sont inversement proportionnelles. Dans notre cas, on a $L \cdot \ell = S$ ou $\ell = \frac{S}{L}$



Communiquer des valeurs

1. La notation scientifique

La **notation scientifique** est l'écriture d'un nombre sous la forme d'un produit du type : $a \cdot 10^n$, où a est un nombre décimal tel que $1 \leq a < 10$ et n un nombre entier positif ou négatif.

Exemples : 15 200 s'écrit $1,52 \cdot 10^4$, et 0,0000423 s'écrit $4,23 \cdot 10^{-5}$.

L'ordre de grandeur d'une valeur est la puissance de dix la plus proche de cette valeur.

Ainsi, l'ordre de grandeur du nombre $1,52 \cdot 10^4$ est 10^4 et celui de $4,23 \cdot 10^{-5}$ est de l'ordre de 10^{-5} .

2. Les chiffres significatifs

En physique $L = 1,5$ cm et $L = 1,50$ cm n'ont pas la même signification. La première écriture signifie que la mesure de longueur a été effectuée avec un instrument permettant d'apprécier le millimètre, la seconde signifie que la mesure a été effectuée avec un instrument permettant d'apprécier le dixième de millimètre. Tous ces chiffres ont donc une signification, même le zéro !

Les **chiffres significatifs** nous informent sur la valeur de la grandeur mesurée et sur la précision de cette mesure.

Dans l'écriture scientifique d'un nombre ($a \cdot 10^n$), tous les chiffres servant à écrire le nombre décimal a sont significatifs.

Lors d'une multiplication ou d'une division, le résultat doit comporter autant de chiffres significatifs (et pas plus) que la moins précise des données : au besoin, il faut arrondir (voir ci-après).

Exemple : $\frac{6,20}{50} = 0,124$ d'après la calculatrice.

Mais 50 n'a que deux chiffres significatifs alors que 6,20 en a trois. Donc le résultat doit en avoir deux.

On arrondit à 0,12. On écrit : $\frac{6,20}{50} = 0,12$

Lors d'une addition ou d'une soustraction, on arrondit le résultat au rang du dernier chiffre de la donnée la moins précise : $1,25$ kg + $0,025$ kg = $1,27$ kg.

3. Règles d'arrondis

Si tu dois arrondir au n -ième chiffre après la virgule, regarde la valeur du chiffre qui le suit. Si ce chiffre est compris entre 0 et 4 inclus, tu gardes le n -ième chiffre. S'il est compris entre 5 et 9 inclus, tu ajoutes 1 au n -ième chiffre.

Exemple :

Arrondir au centième (deuxième chiffre) 3,3138	Arrondir au centième (deuxième chiffre) 3,3168
Le troisième chiffre est 3. Tu prends donc le deuxième chiffre : 1, que tu conserves. Soit : 3,31.	Le troisième chiffre est 6. Tu prends donc le deuxième chiffre : 1, auquel tu ajoutes 1. Soit : 3,32.

3. Manipuler les appareils électriques

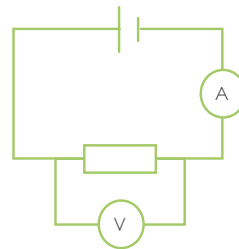
Ne jamais mettre sous tension un montage sans autorisation du professeur.

Ne jamais intervenir sur un montage sous tension (modification du montage, déplacement d'appareil de mesure...).

Avant d'allumer un appareil de mesure, vérifier qu'il est correctement branché :

Un ampèremètre se branche en série.

Un voltmètre se branche en parallèle.



Il faut déconnecter l'alimentation électrique pour brancher un ohmmètre.

Avant d'utiliser un appareil de mesure, s'assurer qu'il est correctement réglé :

- grandeur mesurée correctement sélectionnée ;
- courant alternatif ou continu ;
- calibre au maximum, si l'on ne connaît pas l'ordre de grandeur de ce que l'on va mesurer.

Au moindre doute, consulter le professeur !

Étapes à respecter lors d'un TP d'électricité :

- s'assurer que l'alimentation de la table n'est pas en service (prise non branchée) ou que la pile n'est pas connectée ;
- s'assurer que le générateur n'est pas branché et vérifier que les boutons de réglage sont au minimum ;
- vérifier que l'interrupteur des appareils est en position arrêt (ou ouvert) ;
- vérifier que les boutons de réglage des générateurs sont au minimum ;
- câbler les appareils en série en partant du « + » du générateur vers le « - » et en suivant le schéma du montage ;
- câbler les appareils en dérivation ;
- régler les calibres des appareils correctement.



Ne laisser le montage sous tension que le temps nécessaire aux mesures.

En cas de problème quelconque, éteindre le générateur, couper l'alimentation avant toute intervention sur le circuit.

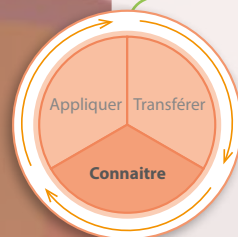
En fin de séance, éteindre tous les appareils et ranger le matériel.

UAA 2

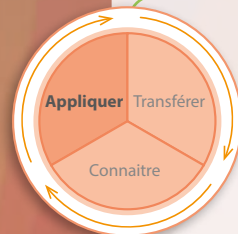
Chapitre 2

la force d'Archimède

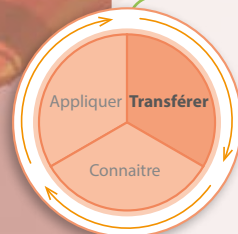
À la fin de ce chapitre,
tu devras être capable de :



- Illustrer la notion d'équilibre par le biais de la résultante de forces de même ligne d'action.



- Résoudre, par calcul, une situation d'équilibre nécessitant l'application de la force d'Archimède.



- Réaliser une expérience impliquant la force d'Archimède et en proposer une explication.

I. Détermination de la résultante de forces de même droite d'action

1. Les forces s'exercent dans des sens opposés.

1.1 Les forces s'équilibrent.

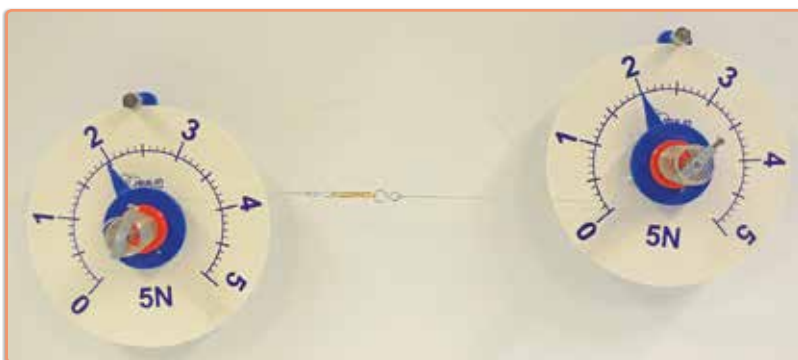


► Observe la photo ci-dessus. Dans quelle condition le nœud ne bouge-t-il pas ?

Vérifions cette prévision expérimentalement :

Prends deux dynamomètres et un trombone. Accroche les deux dynamomètres au trombone représentant le nœud qui reste au repos. Fixe le premier dynamomètre à un support et tends le second dynamomètre jusqu'à ce qu'il exerce une force d'intensité $F_2 = 2 \text{ N}$ vers la droite. Les forces mesurées par les deux dynamomètres correspondent à l'intensité des forces exercées par les deux groupes tirant sur la corde. Celles-ci ont la même droite d'action mais sont de sens opposés.

► Quelles sont les intensités des forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 mesurées par les deux dynamomètres ?



► Tire une conclusion.

► Complète le dessin ci-dessous en représentant les deux forces à l'échelle 1 N/cm.



Si un objet est soumis à deux forces de même droite d'action, de même intensité et de sens opposés, la valeur de la force résultante est nulle.

- Dépose une balle de ping-pong sur une table.

► À quelles forces est-elle soumise ? Caractérise-les.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



► Compare l'intensité de ces forces.

.....

.....

- Représente ces deux forces sur la photo.
- Dépose la balle de ping-pong à la surface de l'eau.

► Que constates-tu ?

.....

.....

► À combien de forces au minimum la balle est-elle soumise ? Caractérise celles-ci. Justifie.

.....

.....

.....

.....

- Représente les deux forces sur la photo.

Nous appellerons la force exercée par l'eau sur l'objet **la force (poussée) d'Archimède** (\vec{F}_A).

1.2 Les forces ne s'équilibrent pas



► Que se passe-t-il si le chien tire plus fort que son maître ?

.....

.....

Lorsque deux forces s'exercent simultanément sur un même objet, elles peuvent être remplacées par une seule force. Cette unique force est appelée la **résultante** \vec{R} de ces forces. Dans ce cas-ci, la résultante des forces s'exerçant sur le jouet est dirigée vers le chien.

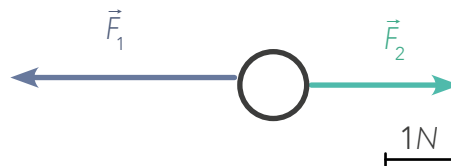


Nous appelons la force unique, remplaçant deux ou plusieurs autres forces, la **résultante** de ces forces. Elle est souvent notée \vec{R} .

Lorsque les deux forces sont d'**intensités égales** (comme dans l'exemple évoqué au point 1.1) la **résultante est nulle**. Les objets sont immobiles, on dit qu'il y a **équilibre**.

Si un objet est soumis à deux forces de même droite d'action, de sens opposés et de valeurs différentes, la force résultante sera dirigée dans le sens de la force la plus grande. Ce qui explique le mouvement.

Afin de déterminer l'intensité de la force résultante, prenons l'exemple d'un anneau soumis à deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 de même droite d'action mais de sens opposés.



► Remplace ces deux forces par une seule donnant le même résultat. Trace-la sur le schéma et donne ses caractéristiques :

.....

.....

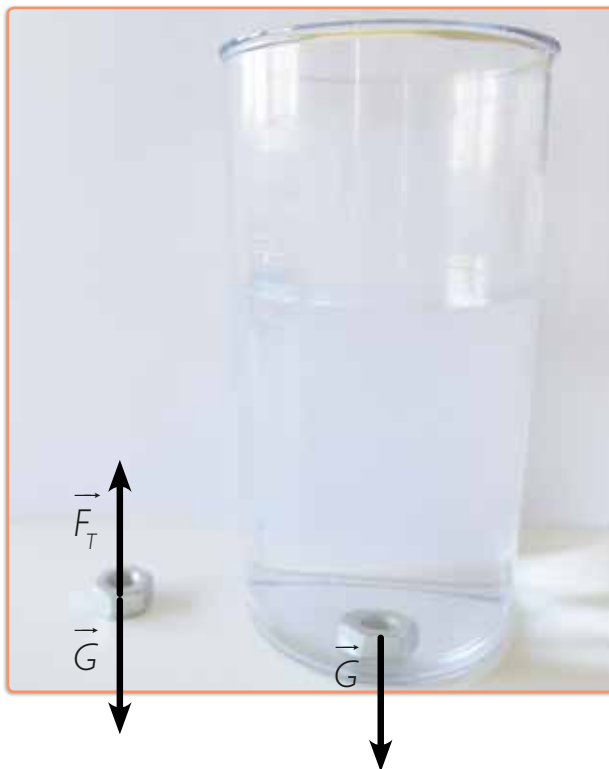
► Détermine les caractéristiques de la résultante de deux forces de même droite d'action (direction) et de sens contraires :

.....

.....

.....

- Dépose un écrou sur une table. Il est en équilibre car son poids et la force exercée par la table sont égaux en intensité, ont même direction mais sont de sens contraires.
- Dépose ensuite cet écrou à la surface de l'eau. Est-il encore en équilibre ?



► Émets une hypothèse pour expliquer cette situation.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

► Représente la force d'Archimède exercée sur l'écrou avant qu'il ne touche le fond.

2. Les forces s'exercent dans le même sens

► Observe la photo ci-contre.

Les deux trapézistes exercent des forces de même droite d'action et de même sens mais d'intensités sans doute différentes sur le trapèze. Comment calculer l'intensité de la force qu'exercent, ensemble, les deux acrobates sur le trapèze ?



Pour répondre à cette question, suspends un dynamomètre à un support.

- Accroche une première masse m_1 de 100 g à l'extrémité du dynamomètre. Quelle est l'intensité de la force \vec{F}_1 s'exerçant sur le dynamomètre ?

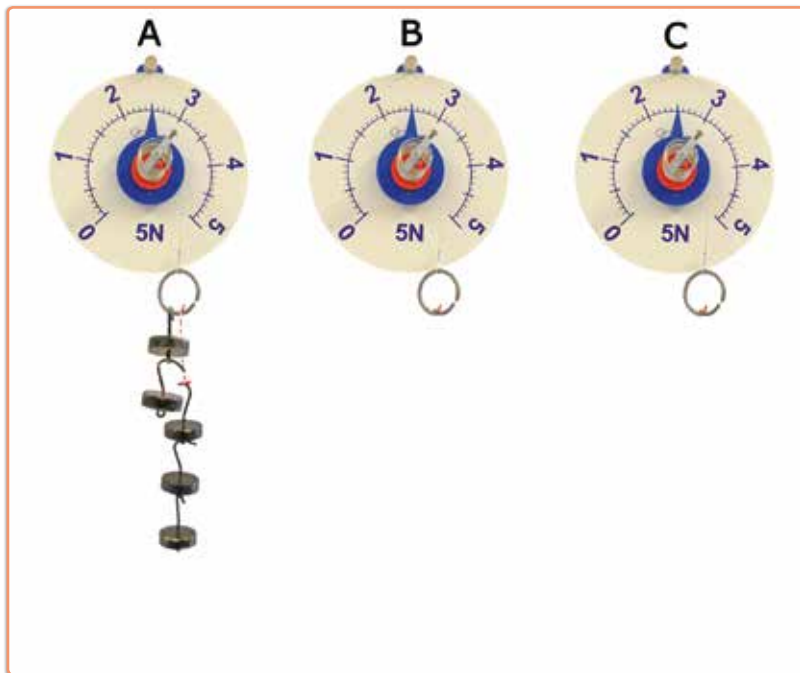
.....

- Ajoute ensuite une masse m_2 de 150 g au crochet de ce même dynamomètre.

► Quelle est l'intensité de la force \vec{F}_2 s'exerçant sur le dynamomètre ?

.....

► Représente les forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 sur la partie B de la photo ci-dessous à l'échelle 1 N/cm.



► Lis la valeur de la force exercée sur le dynamomètre.

Les deux forces peuvent être remplacées par une seule force d'intensité 2,5 N. Cette unique force est appelée la résultante \vec{R} de ces forces. Représente celle-ci sur la partie C du schéma ci-contre à l'échelle 1 N/cm.

► Détermine les caractéristiques de la résultante de deux forces de même droite d'action (direction) et de même sens :

.....

.....

.....



L'essentiel

Lorsqu'un objet est soumis à deux forces de même ligne d'action, **la force résultante** a :

- la **même ligne d'action** que les deux forces qui se superposent ;
- le **même sens** que **la plus grande** des deux forces ;
- une **intensité** égale à la **somme** des intensités si les forces sont de **même sens** ;
- une **intensité** égale à la **différence positive** des intensités si les forces sont de **sens contraires**.

3. Exercices

Lors de la résolution des exercices qui suivent, nous arrondirons la valeur de g à 10 N/kg .

1. Deux enfants tirent une charrette sur une surface horizontale. Les forces qu'ils exercent ont les caractéristiques suivantes :

droite d'action : la droite horizontale ;

sens : de la gauche vers la droite ;

point d'application : l'extrémité du bras de la charrette ;

intensités : l'intensité de la force exercée par le premier enfant vaut 20 N et celle du second enfant vaut 30 N .

Quelle est l'intensité de la résultante des forces horizontales ? Justifie ta réponse.

.....

.....



Représente sur le dessin ci-contre les forces exercées horizontalement et leur résultante à l'échelle 20 N/cm .

2. Deux ouvriers transportent ensemble un sac de ciment de 25 kg en exerçant chacun une force verticale dirigée vers le haut. Le premier exerce une force dont la valeur est de 100 N .

Cite les trois forces qui s'exercent sur le sac.

.....

.....

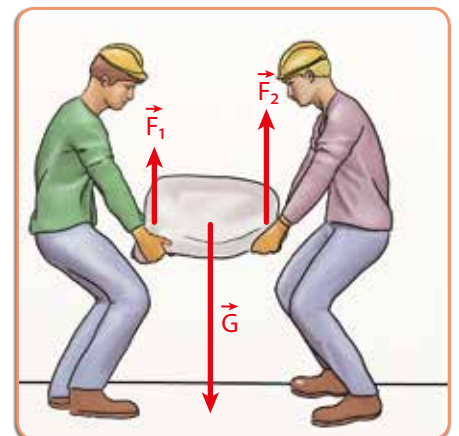
.....

Détermine la valeur de la force qu'exerce le second ouvrier.

.....

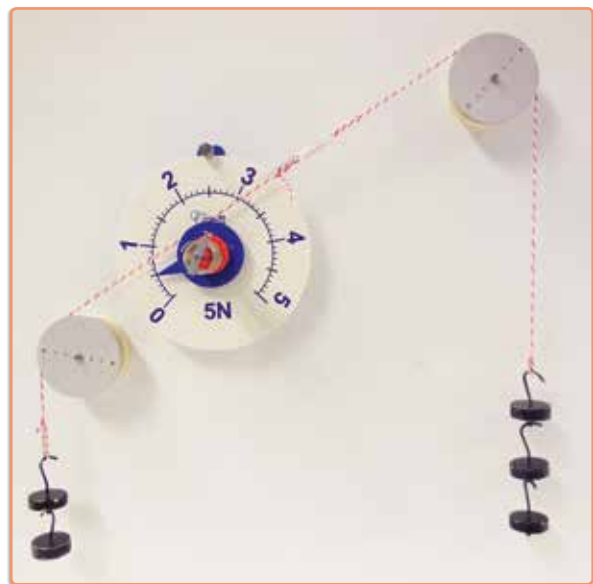
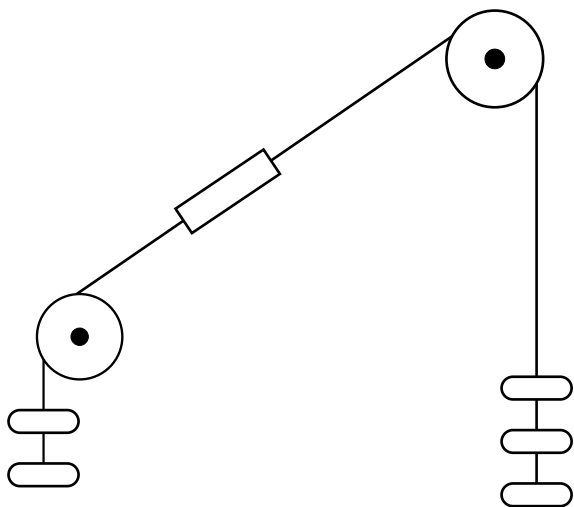
.....

.....



Représente les trois forces sur le schéma ci-dessus à l'échelle 100 N/cm .

3. Nous avons attaché à un trombone, une masse m_1 de 100 g et une masse m_2 de 150 g, au moyen d'une ficelle passant dans la gorge d'une poulie. Les petites masses suspendues sont de 50 g.



N.B. : la poulie ne modifie pas la valeur de la force exercée par la masse m suspendue à la ficelle, mais seulement la direction de celle-ci.

Trace les forces (\vec{F}_1) et (\vec{F}_2) qui s'exercent sur le trombone ainsi que la force résultante \vec{R} à l'échelle 1 N/cm.

.....

.....

.....

Donne les caractéristiques de la force résultante.

Direction :

Sens :

Intensité :

Point d'application :

Quel est le rôle du dynamomètre ?

.....

.....

.....

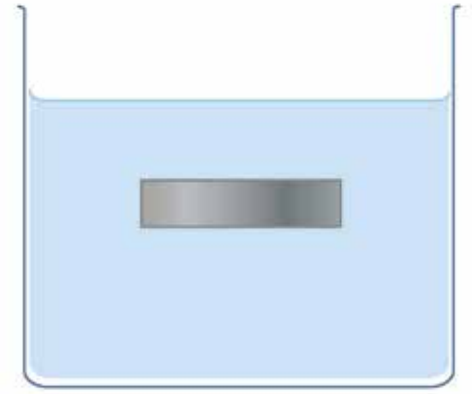
.....

.....

4. Un bloc d'aluminium de 220 g est plongé dans l'eau. Il est alors soumis à une force d'Archimède appliquée sur le bloc verticalement, de bas en haut et valant 0,8 N.

Dessine, sur le bloc, les forces auxquelles il est soumis (échelle 1 N/cm).

Donne les caractéristiques de la résultante des forces s'appliquant sur le bloc. Justifie ta réponse.



Droite d'action : Point d'application :

Sens :

Intensité :

.....

Trace-la sur le schéma.

Vers où se déplace le bloc d'aluminium ?

.....

II. La force d'Archimède

1. Introduction

Touché ...

Dépose, à la surface de l'eau, une balle de ping-pong et deux bouteilles en plastique fermées de 0,5 litre et de 1 litre. Celles-ci flottent à la surface de l'eau.

► **Caractérise la force qu'il faut exercer sur ces trois objets pour les faire couler.**

.....

L'eau exerce donc, sur ces objets, une **force verticale vers le haut** qui les maintient à la surface. Nous lui avons donné le nom de **force d'Archimède**.

... coulé

Le Titanic était un paquebot transatlantique britannique. Lors de son voyage inaugural, de Southampton à New York, il heurte un iceberg le 14 avril 1912 à 23 h 40 et coule deux heures plus tard.



Réalisons deux expériences permettant de modéliser la situation.

- Prends un récipient que tu peux fermer hermétiquement. Plonge celui-ci dans un aquarium rempli d'eau. Le récipient flotte. Ajoute successivement plusieurs masses de 50 g dans le récipient.

► Qu'observes-tu ?

.....

.....

- Prends une bouteille que tu as lestée. Perce un trou d'environ 1 cm² sur le côté et près du fond de celle-ci. Sans la reboucher, dépose-la verticalement à la surface de l'eau.

► Qu'observes-tu ?

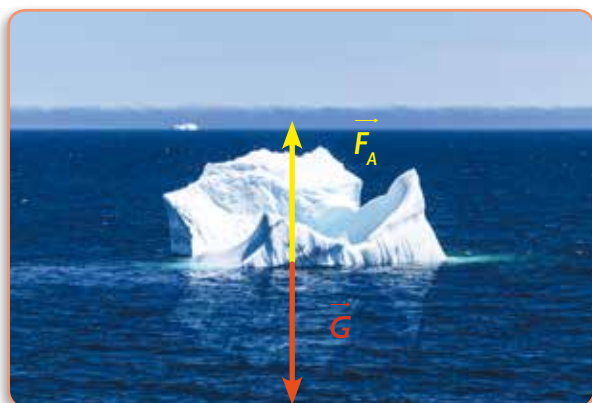
.....

► En te basant sur les deux expériences, explique pourquoi le Titanic a coulé.

.....

.....

.....



Un objet placé à la surface de l'eau est donc soumis à deux forces de même droite d'action à savoir son poids (\vec{G}) et la force d'Archimède (\vec{F}_A). L'objet flotte ou coule selon les intensités (valeurs) de celles-ci.



Un peu d'histoire



Le nom « force/poussée d'Archimède » est un hommage au physicien, mathématicien et ingénieur grec **Archimède de Syracuse** (287 à 212 ACN). Entre autres choses, Archimède a conçu la première vis sans fin, les premières roues dentées, la vis de fixation, l'écrou, des machines utilisant des leviers ou des poulies...

C'est en cherchant à déterminer si un orfèvre avait ou non roulé le tyran Hiéron II qu'Archimède plancha sur l'étude des objets immergés. Le roi avait en effet remis à l'orfèvre de l'or pour lui confectionner une couronne qu'il voulait offrir à Zeus. Celle-ci était magnifique.

Soupçonnant une tromperie, le roi demanda à Archimède de vérifier, sans abîmer l'œuvre d'art, si le bijoutier n'avait pas remplacé une partie de l'or par de l'argent. La légende veut qu'Archimède trouva la solution au problème posé lorsqu'il était aux bains publics. Heureux de cette découverte, il aurait couru nu jusqu'au palais en criant dans toute la ville « Eurêka » (ἔϋρηκα, *j'ai trouvé* en grec ancien). Pour la petite histoire, Archimède prouva que l'orfèvre avait triché.

2. Mesure de la force d'Archimède

- Suspendons une masse de 50 g à l'extrémité d'un dynamomètre de 1 N à l'aide d'une ficelle.



► Qu'indique le dynamomètre ?



Immerge cet objet dans un récipient rempli d'eau.

► Quelle est la mesure donnée par le dynamomètre ?

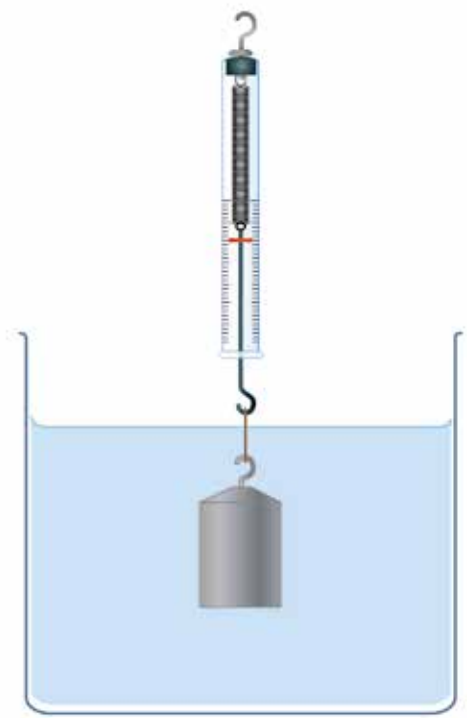
La force mesurée par le dynamomètre est plus petite lorsqu'il est immergé dans l'eau. Pourquoi ?

► Représente sur le schéma ci-dessous et à l'échelle 0,2 N/cm, les forces auxquelles est soumis cet objet immergé ainsi que leur résultante.

On appellera cette résultante (dont l'intensité est lue sur le dynamomètre) **le poids apparent \vec{G}'** .

► Quelle est l'intensité de la force d'Archimède ?

En pratique, **l'intensité de la force d'Archimède** s'exerçant sur un objet est obtenue en **soustrayant le poids apparent du poids de l'objet**.



3. Facteurs influençant l'intensité de la force d'Archimède

► Recherchons, à présent, les facteurs influençant la force d'Archimède. Quelles sont tes hypothèses ?

Vérifions expérimentalement quelques-unes de ces hypothèses une à une en veillant à maintenir les autres constantes.

3.1 Influence de la profondeur

- Observe les photos ci-dessous. L'objet utilisé précédemment a été successivement plongé à deux profondeurs différentes. Les dynamomètres mesurent une force maximale de 1 N.



- Complète le tableau de mesures suivant :

Profondeur	Poids de l'objet (N)	Poids apparent (objet immergé) (N)	Force d'Archimède (N)
Profondeur en A			
Profondeur en B			

Conclusion :

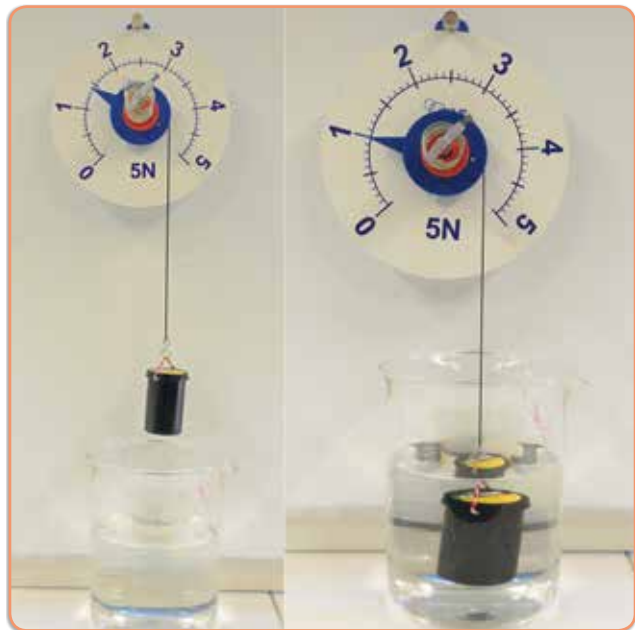
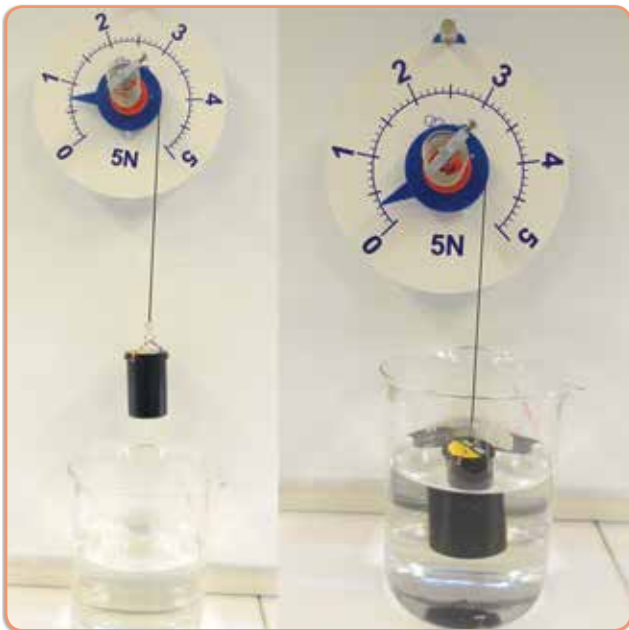
.....

.....



3.2 Influence du poids de l'objet immergé

Prends deux objets de même volume mais dont le poids est différent. Suspend successivement ceux-ci à un dynamomètre et immerge-les totalement dans un récipient rempli d'eau. Mesure, à chaque fois, le poids apparent afin de déterminer l'intensité de la force d'Archimède.



► Complète le tableau de mesures :

Objet	Poids de l'objet (N)	Poids apparent (N)	Force d'Archimède (N)
1			
2			

Conclusion :

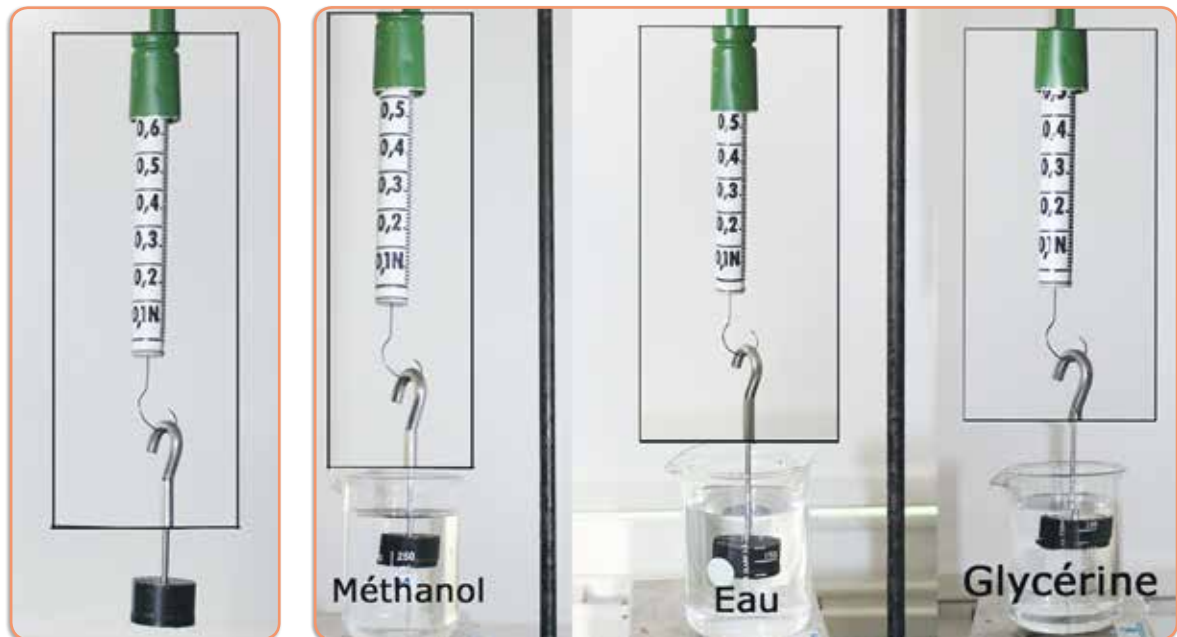
.....

.....



3.3 Influence de la nature du liquide

Suspend un objet à un dynamomètre. Mesure son poids puis plonge-le successivement, à la même profondeur, dans de l'eau, du méthanol et de la glycérine. Mesure à chaque fois le poids apparent et détermine l'intensité de la force d'Archimède.



La nature des liquides est caractérisée par leur masse volumique.

Liquides	Masse volumique (ρ_{liquide}) (kg/m^3)	Poids de l'objet (N)	Poids apparent (N)	Force d'Archimède (N)
Méthanol	790			
Eau	1 000			
Glycérine	1 260			

Conclusion :



3.4 Influence du volume immergé de l'objet



Lors de son passage dans les bains publics, Archimède constata qu'en immergeant un corps dans une baignoire remplie à ras bord, celle-ci débordait. Intuitivement, il comprit que **le volume d'eau répandu sur le sol correspond au volume de l'objet immergé (appelé aussi volume déplacé par l'objet).**

Vérifions l'hypothèse d'Archimède :

Prends une bouteille de 250 ml (= 250 cm³) qui sera l'objet immergé. Remplis celle-ci successivement de 50, 100, 150... ml d'eau et fais un trait sur la bouteille à chaque fois. Les graduations ainsi obtenues te permettront d'immerger successivement dans le liquide, un objet dont le volume est de 50, 100, 150... cm³.

Leste la bouteille de manière à lui donner une masse 300 g (afin qu'elle coule dans l'eau).

► Détermine son poids :

Fixe la bouteille à un dynamomètre et immerge celle-ci de 50 cm³ dans un récipient gradué rempli d'eau.

► Quel est le volume d'eau déplacé (observe les graduations du béc) ?

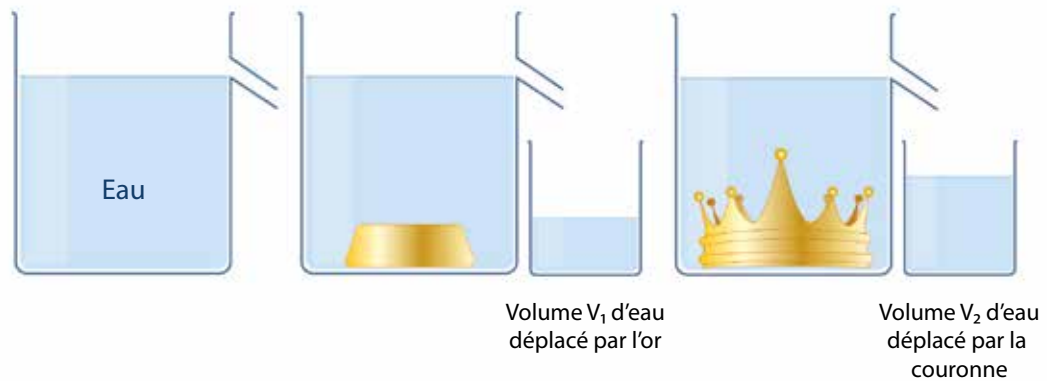


Le volume immergé est égal au volume de liquide déplacé par l'objet.

Solution d'Archimède au problème de la couronne

Dans un récipient rempli d'eau à ras bord, Archimède immergea la couronne puis un lingot d'or. Ce dernier avait la même masse que la couronne. Il mesura le volume d'eau s'écoulant du récipient. Constatant que le volume d'eau déplacé par la couronne était plus grand que celui déplacé par le lingot d'or, il en déduisit que le volume de la couronne était plus grand que celui du lingot d'or. Il y avait donc eu effectivement une tricherie.

En effet, la masse volumique de l'or ($\rho = 193\,00\text{ kg/m}^3$) est environ deux fois plus grande que celle de l'argent ($\rho = 10\,500\text{ kg/m}^3$). Pour une même masse de métal, le volume d'une couronne en or sera approximativement deux fois plus petit que celui d'une couronne en argent.



- Mesure la force d'Archimède qui s'exerce sur la bouteille lorsque son volume immergé est de 50, 100, 150... cm³ et complète le tableau de mesures :

Volume immergé (cm ³)	Poids de l'objet (N)	Poids apparent (N)	Force Archimède (N)	Volume de liquide déplacé (cm ³)	Masse de liquide déplacé (kg)	Poids du liquide déplacé (N)
0						
50						
100						
150						

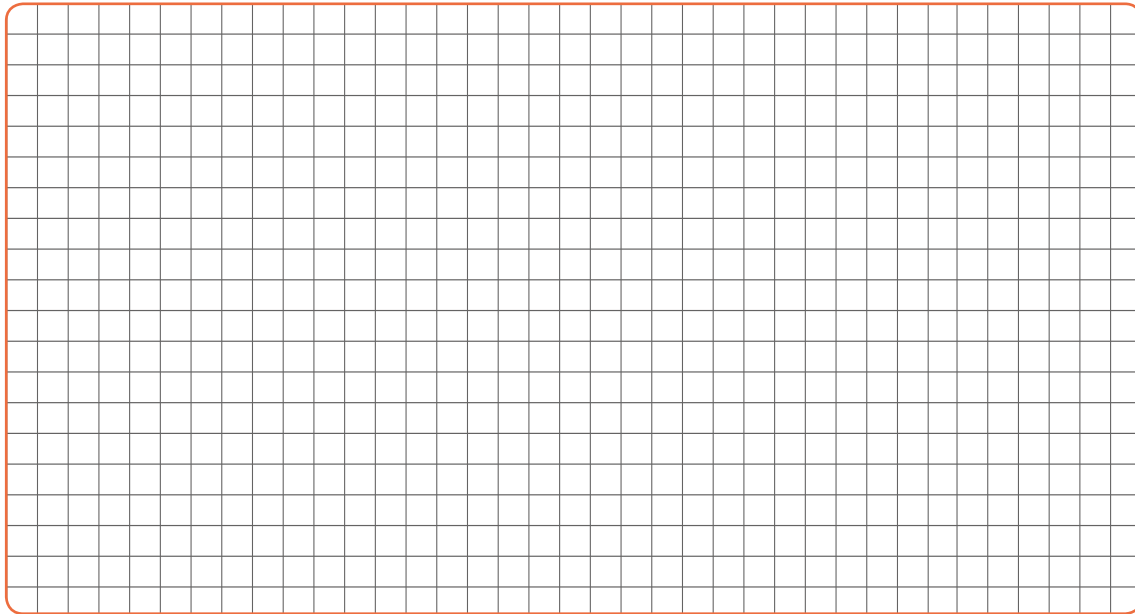
Conclusion : Le volume immergé influence-t-il la force d'Archimède ?

.....

.....

.....

Élabore le graphique de la force d'Archimède en fonction du volume immergé.



Quelle relation mathématique lie la force d'Archimède et le volume immergé ?

.....

.....

.....



Les résultats des expériences précédentes montrent que la force d'Archimède est directement proportionnelle au volume immergé et à la masse volumique du liquide.

$$F_A = k \cdot \rho_{\text{liquide}} \cdot V_{\text{immergé}}$$

La comparaison des unités de cette relation mathématique montre que la formule n'est pas complète.

► Compare le poids du volume de liquide déplacé et l'intensité de la force d'Archimède.

.....

.....

C'est à cette conclusion qu'est arrivé Archimède, il y a plus de deux-mille-deux-cents ans !



Tout corps plongé dans un liquide subit de la part de celui-ci une **force verticale**, orientée **de bas en haut**, et dont la valeur est le **poids du volume de liquide déplacé par le corps immergé**. Cette force s'appelle la **force (poussée) d'Archimède**.

Elle s'exprime mathématiquement par la formule suivante :

$$F_A = G_{\text{liquide}} = \rho_{\text{liquide}} \cdot V_{\text{immergé}} \cdot g$$

(N) (N) (kg/m³) (m³) (N/kg)



Si nous appelons $V_{\text{immergé}}$ le volume immergé de l'objet et ρ la masse volumique du liquide, la masse de liquide déplacé vaut :

$$m_{\text{liquide}} = \rho \cdot V_{\text{immergé}}$$

et son poids :

$$G_{\text{liquide}} = \rho \cdot V_{\text{immergé}} \cdot g$$

La formule de la poussée d'Archimède devient donc :

$$F_A = G_{\text{liquide}} = \rho \cdot V_{\text{immergé}} \cdot g$$

Remarque :

dans cette démonstration, m_{liquide} fait référence au liquide déplacé par la partie immergée de l'objet.

4. Couler, flotter : un problème de masse volumique

La force d'Archimède dépend de la masse du liquide déplacé par l'objet immergé.

4.1 Coule ou flotte

Matériel :

- Un ballon de baudruche gonflé.
- Un sachet hermétique totalement rempli d'eau.
- Un bloc compact de bois.
- Un morceau de cuivre.
- Un morceau de plomb.

Manipulation :

Dépose tous ces objets à la surface de l'eau d'un aquarium.

Observations :

Complète le tableau ci-dessous.

Objet	Coule / flotte	ρ_{objet} (kg/m ³)	Comparaison entre ρ_{eau} et ρ_{objet}
Ballon d'air		1,3	
Bois		800	
Sachet d'eau		1 000	
Cuivre		8 900	
Plomb		11 300	

► Peux-tu prédire si le corps coule ou flotte sans faire l'expérience ?

.....

.....

.....

► Complète les formules : L'objet flotte : $\rho_{\text{objet}} \dots \rho_{\text{liquide}}$

L'objet coule : $\rho_{\text{objet}} \dots \rho_{\text{liquide}}$

► Émets une hypothèse permettant d'expliquer ton observation.

► Vérifie ton hypothèse :



Le sous-marin

C'est le principe du sous-marin. Celui-ci peut monter, descendre ou flotter entre deux eaux. Pour ce faire, il possède des ballasts, à savoir des réservoirs pouvant être remplis d'eau ou en être vidés. Grâce à cette manœuvre, le sous-marin peut augmenter ou diminuer son poids.



En plongée, le volume du sous-marin reste constant et correspond au volume d'eau déplacé par l'engin. La force d'Archimède s'exerçant sur le sous-marin reste, elle aussi, constante. Si le poids du submersible et la force d'Archimède s'égalent, ce dernier flotte entre deux eaux. En revanche, s'il remplit ses ballasts, son poids augmente et il descend ; s'il chasse l'eau de ceux-ci, son poids diminue et il remonte.



Labo 2 Le sel et l'œuf



Labo 3 Fabriquer un sous-marin

5. Archimède dans les gaz

Un ballon gonflé à l'hélium possède un poids (poids de l'enveloppe et poids de l'hélium) et pourtant, lorsqu'il est lâché, il s'envole.



► **Émets une hypothèse.**

.....

.....

Tom revient de la foire avec un beau ballon gonflé à l'hélium. Dans sa chambre, il le laisse s'envoler au plafond. Après quelques jours, il observe que celui-ci ne touche plus le plafond, se stabilise dans un premier temps à une certaine hauteur, puis, finalement, git sur le sol.

► **Comment expliques-tu cela ?**

.....

.....

► **Schématise le ballon et représente les forces agissant sur celui-ci dans chacun des cas :**

► **Compare, dans chaque cas, l'intensité des forces agissantes (nous ne considérerons pas les forces exercées par le sol ou le plafond).**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ce raisonnement nous permet d'affirmer que l'intensité de la force verticale s'exerçant vers le haut augmente avec le volume du ballon. Les caractéristiques de cette force sont celles de la force d'Archimède.

La force d'Archimède s'exerce également dans les gaz. C'est cette force qui permet, par exemple, aux ballons météorologiques, aux montgolfières et aux dirigeables de s'élever dans les airs.



Tous les objets présents dans l'air subissent cette force. Mis à part les quelques exemples précédemment cités, cette force n'influence pas le quotidien. Seuls les diamantaires en tiennent compte, lorsqu'ils mesurent la masse d'une pierre et les chimistes, lorsqu'ils doivent effectuer des mesures de grande précision.



Les gaz et les liquides sont des fluides, la force d'Archimède s'exerce donc dans tous les fluides.



L'essentiel

Tout objet plongé (entièrement ou en partie) dans un fluide subit, de la part de celui-ci, une force appelée **force d'Archimède**, dont :

- la **droite d'action** est la droite **verticale** ;
- le **sens** est **vers le haut** ;
- l'**intensité** est égale **au poids de la masse de fluide déplacée par le corps immergé**.

La formule générale de la force d'Archimède s'écrit :

$$F_A = \rho_{\text{fluide}} \cdot V_{\text{immergé}} \cdot g$$

(N) (kg/m³) (m³) (N/kg)

6. Exercices

Lors de la résolution des exercices qui suivent, nous arrondirons la valeur de g à 10 N/kg .

1. Nous avons vu que le Titanic s'est rempli d'eau après son choc avec l'iceberg. Compare les intensités du poids et de la force d'Archimède qui s'exercent sur le Titanic lorsqu'il flotte puis coule. Justifie ta réponse.

.....

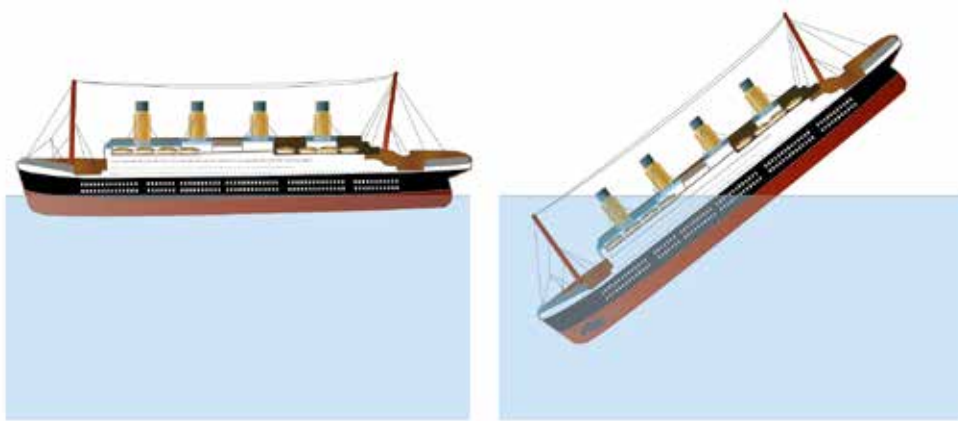
.....

.....

.....

.....

Trace ces forces et leur résultante sur le schéma ci-dessous :



2. Que se passe-t-il lorsqu'un bateau chargé quitte la mer ($\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$) pour remonter un fleuve ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) ? Justifie ta réponse.

.....

.....

.....

.....



La photo ci-contre montre le niveau atteint par l'eau le long de la coque d'un bateau chargé, en fonction de la nature de l'eau sur laquelle il navigue.

TF (Tropical Fresh) et T (Tropical) : eau douce et eau salée tropicale.

F (Fresh) : eau douce.

W (Winter) et S (Summer) : eau salée en hiver et en été.



3. Deux billes de même volume, l'une en bois, l'autre en plomb, sont posées à la surface de l'eau. Les forces d'Archimède subies par les billes sont-elles identiques ? Justifie.

.....

.....

.....

4. Où la photo ci-dessous a-t-elle été prise ? Sachant que la masse volumique de l'homme est légèrement supérieure à 1000 kg/m^3 , justifie ta réponse en t'aidant du tableau.

Caractéristique	Océan Atlantique	Lac de Manicouagan	Mer Morte
Superficie (km ²)	106 000 000	2 000	810
Profondeur maximum (m)	8 605	214	120
Salinité (g/l)	35	0	270

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



5. Pour gonfler un dirigeable, tu disposes de deux gaz : l'hélium ($\rho = 0,18 \text{ kg/m}^3$ à 0° Celsius) et l'oxygène ($\rho = 1,30 \text{ kg/m}^3$ à 0° C). Quel gaz vas-tu choisir si la masse volumique de l'air à 0° Celsius vaut $1,29 \text{ kg/m}^3$? Justifie ta réponse.



.....

.....

.....

.....

6. Durant l'entre-deux guerres, l'US Navy possédait deux dirigeables porte-avions : l'USS Akron et l'USS Macon. Chacun d'eux avait une masse de 183 t (fret compris). Quel était le volume de l'enveloppe du dirigeable capable de soulever une telle masse ($\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$) ?

.....

.....

.....

.....

.....



Le 4 mars 1936, le Hindenburg réalise son premier voyage entre l'Allemagne et les États-Unis. Il inaugure ainsi le transport de passagers par Zeppelin.

Quatorze mois plus tard, le 6 mai 1937, le dirigeable s'enflamme lors de son atterrissage sur la base aérienne de Lakehurst dans le New Jersey. Nonante-sept personnes faisaient partie du voyage. Trente-six perdront la vie lors de cette catastrophe. L'enveloppe de l'appareil était remplie d'hydrogène très inflammable et non d'hélium peu combustible car les États-Unis avaient imposé un embargo militaire sur ce dernier.

Septante-six ans après l'accident, l'ingénieur aéronautique britannique Jem Stansfield et ses collègues pensent avoir trouvé la cause de cet accident. Suite à son passage dans un orage, l'enveloppe du dirigeable se serait chargée d'électricité statique. De plus, un conduit de gaz cassé aurait laissé du gaz s'échapper dans les puits d'aération. Quand le personnel a saisi les cordes d'atterrissage, l'appareil a été mis en contact avec le sol. Une décharge électrique s'est produite, provoquant une étincelle qui a enflammé l'hydrogène. Le Zeppelin s'est embrasé.



7. Un pédalo a une masse de 250 kg.

► Que vaut la force d'Archimède exercée sur le pédalo ?



► Un adolescent de 50 kg monte sur ce pédalo, la force d'Archimède varie-t-elle ? Justifie.

► Détermine les volumes immergés du pédalo à vide, puis du pédalo avec l'adolescent :

8. Un boulet de canon en fer, d'un volume de 900 cm^3 et d'une masse de 7 kg, flotte à la surface du mercure ($\rho = 13\,600 \text{ kg/m}^3$). Quel est le volume immergé ?

9. Un sous-marin a un volume de $1\,000 \text{ m}^3$. Il avance à 100 m de profondeur dans l'océan Atlantique ($\rho = 1\,030 \text{ kg/m}^3$). Il n'utilise que la force d'Archimède et son poids pour se maintenir à cette profondeur. Quelle est sa masse ?

10. Le poids de la bouteille est de 3 N. Le volume immergé est de 90 ml. Le dynamomètre indique 2 N. Que vaut la masse volumique du liquide bleu ?





Le sel et l'œuf

But :

- Déterminer la masse minimale de sel qu'il faut ajouter à l'eau pour faire flotter un œuf.

Matériel :

- Un berlin gradué de 500 ml,
- un œuf,
- de l'eau,
- du sel,
- une balance.

Manipulation :

- Mesure la masse de l'œuf.
- Remplis le berlin de 200 ml d'eau. Plonge l'œuf dedans. Mesure le nouveau niveau de l'eau et détermine le volume de l'œuf.
- Calcule la masse volumique de l'œuf. Détermine la masse volumique de l'eau salée, dans laquelle l'œuf sera en suspension.
- Calcule la quantité de sel à dissoudre dans l'eau pour atteindre la masse volumique adéquate.
- Appelle ton professeur, puis vérifie expérimentalement l'hypothèse.

Observations :

Masse de l'œuf :

.....
.....

Volume de l'œuf :

.....
.....

Calcul de la masse volumique de l'œuf :

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

Masse de sel à dissoudre dans l'eau :

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





Fabriquer un sous-marin

But :

- Expliquer le principe du sous-marin.

Matériel :

- Une bouteille en plastique de 250 ml.
- Un aquarium rempli aux trois quarts d'eau.
- Des pièces de deux cents.
- Des ciseaux.
- Des pailles.
- De la plastiline ou de la toile isolante.

Manipulation :

- Perce trois trous dans un côté de la bouteille.
- Place deux pièces de deux cents dans la bouteille.
- Perce un trou à la base de la bouteille pour y introduire une paille et colmate avec de la plastiline ou de la toile isolante.
- Couche la bouteille et l'enfoncer doucement dans l'eau, les trous orientés vers le bas.

Observation :

.....
.....
Par où s'échappe l'air contenu dans la bouteille ?
.....

Manipulation :

- Souffle dans la paille.

Observation :

Explication :

Un sous-marin possède des ballasts, des compartiments qui peuvent se remplir d'eau ou d'air. Sur base de tes observations et de ton cours, explique le principe du sous-marin.

