

**TP 1**



## Quelles sont les caractéristiques de la force d'Archimède ?



→ Déterminer expérimentalement la valeur de la force d'Archimède

vidéo



Découvrez l'expérience d'Équascience !

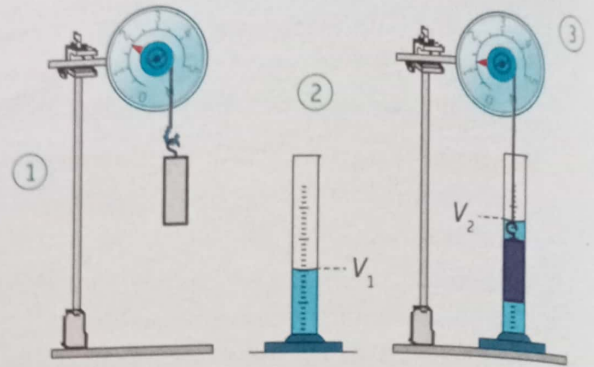


**Matériel**

- 1 dynamomètre sur support [ou 1 capteur force ExAO]
- 2 cylindres de même volume mais de masses  $m_1$  et  $m_2$  différentes
- 1 éprouvette graduée de 250 mL

**Produits**

- 200 mL d'eau dans un bécher
- 1 pissette d'eau



**Protocole**

- Remplissez l'éprouvette graduée d'un volume  $V_1 = 150$  mL d'eau.
- Suspendez le premier cylindre au dynamomètre et relevez la valeur  $P$  (en N) de son poids.
- Immergez totalement dans l'eau le cylindre suspendu au dynamomètre. Relevez la valeur  $P_{app}$  (en N) de son poids apparent ainsi que le volume  $V_2$  d'eau dans l'éprouvette.
- Réalisez la même expérience avec le second cylindre.



**Sécurité**

Cette expérience présente-t-elle des risques pour les personnes, les biens et/ou l'environnement ? [► **Sécurité**, p. 15]

**Observations et mesures**

a) Recopiez et **complétez** le tableau ci-contre.

	Cylindre 1	Cylindre 2
$P$	...	...
$P_{app}$	...	...
$V_1$	...	...
$V_2$	...	...

**Interprétation**

- b) Pour chaque cylindre :
- **Calculez**, en  $m^3$ , le volume d'eau déplacée  $\Delta V = V_2 - V_1$ .
  - **Calculez**, en N, la valeur  $F$  de la force d'Archimède  $F = P - P_{app}$ .
- c) La masse du cylindre a-t-elle une influence sur la valeur  $F$  de la force d'Archimède ? **Justifiez** votre réponse.



- $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$
- Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$
- $\rho = \frac{m}{V}$
- $P = m \times g = (\rho \times V) \times g$

**Validation**

- d) **Calculez**, en N, la valeur  $P_{eau}$  du poids de l'eau déplacée par le cylindre.
- e) **Comparez** les valeurs de  $P_{eau}$  et de  $F$ .

**À vous de conclure !**

**Écrivez** la formule exprimant la valeur  $F$  de la force d'Archimède qui s'exerce sur un corps immergé, en fonction du volume d'eau déplacée. **Indiquez** les unités.



TP 2

## Quels facteurs influent sur la valeur de la force d'Archimède ?

→ Déterminer expérimentalement les facteurs influant sur la valeur de la force d'Archimède

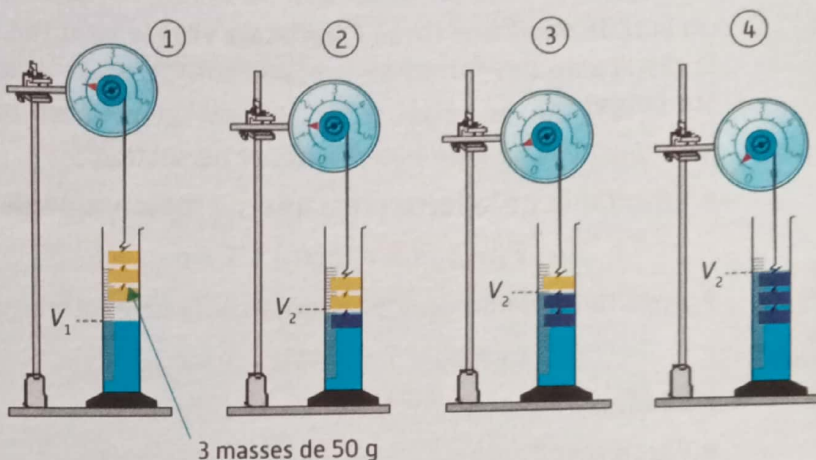


### Matériel

- 1 dynamomètre sur support (ou 1 capteur de force ExAO)
- 1 éprouvette graduée de 250 mL
- 3 masses marquées de 50 g de même volume

### Produits

- 150 mL d'eau du robinet
- 150 mL d'éthanol
- 150 mL d'eau saturée en sel



### Protocole

- Remplissez l'éprouvette graduée d'un volume d'eau  $V_1 = 150$  mL.
- Réalisez les quatre montages représentés ci-dessus : relevez le poids indiqué par le dynamomètre et le volume de l'eau dans l'éprouvette dans chaque cas.
- Réalisez le même protocole avec de l'éthanol puis avec de l'eau salée saturée.



Le pictogramme ci-contre est celui noté sur l'étiquette de la bouteille d'éthanol. Quels sont les risques et les précautions à prendre avec l'éthanol ?  
 ▶ **Sécurité**, p. 15



### Observation et mesures

a) Ouvrez le fichier **TP2 Archimède** et complétez les cellules blanches du tableau.



TP2 Archimède



	1 masse			2 masses			3 masses		
P (en N)									
$P_{app}$ (en N)									
F (en N)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
$V_2$ (en mL)				0	0	0	0	0	
V (en $cm^3$ )	0	0	0	0	0	0	0	0	

### Interprétation

- b) Comment varie la valeur de la force d'Archimède en fonction du volume immergé ?
- c) De quel autre facteur la valeur de la force d'Archimède dépend-elle ?

### Validation

d) Plus la masse volumique du liquide est grande plus la force d'Archimède est grande. **Confirmez**-vous cette affirmation ? **Justifiez** votre réponse.

### À vous de conclure !

**Rédigez** un texte expliquant les facteurs influant sur la valeur de la force d'Archimède.

## 1 Force d'Archimède

### ► Résultante des forces de pression

Un objet immergé partiellement ou entièrement dans un liquide subit une **force  $\vec{F}$  verticale vers le haut** qui est la résultante des forces de pression exercées par le liquide sur l'objet ①.

*Exemple* : cylindre de hauteur  $\Delta h$  et de section  $S$ .

- Résultante de la force pressante sur la face supérieure :

$$F_1 = p_1 \times S = (\rho g h_1) \times S + p_{\text{atm}} \times S$$

- Résultante de la force pressante sur la face inférieure :

$$F_2 = p_2 \times S = (\rho g h_2) \times S + p_{\text{atm}} \times S$$

- Les forces pressantes latérales se compensent.

- Force résultante :

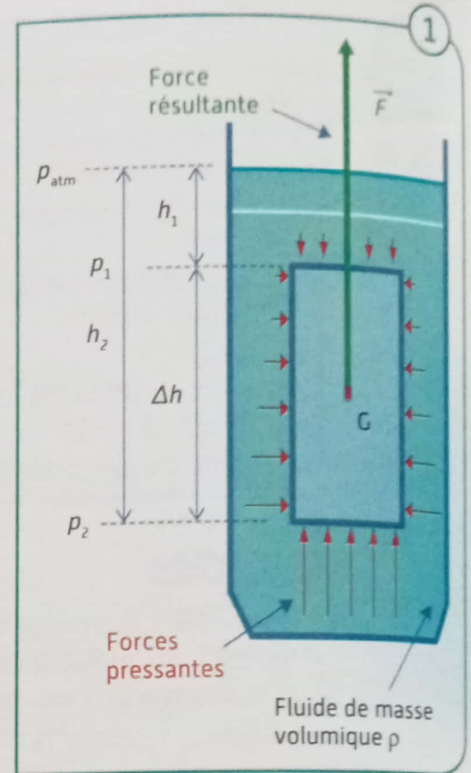
$$F = F_2 - F_1 = (\rho g (h_2 - h_1)) \times S = (\rho g \Delta h) \times S$$

- Volume :  $V = \Delta h \times S$

On en déduit :

$$\vec{F} = \rho \times \vec{g} \times V$$

kg/m<sup>3</sup>      N/kg  
N                      m<sup>3</sup>

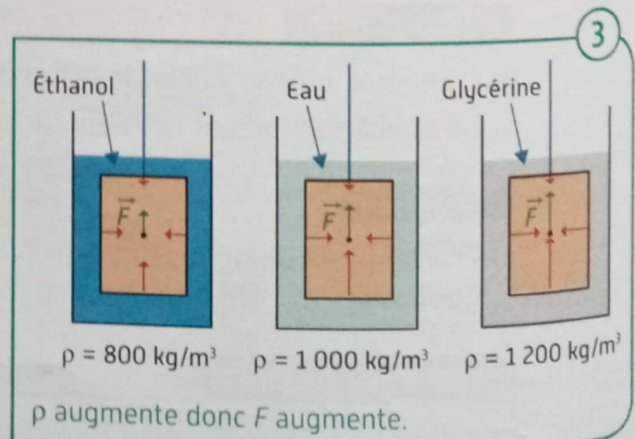
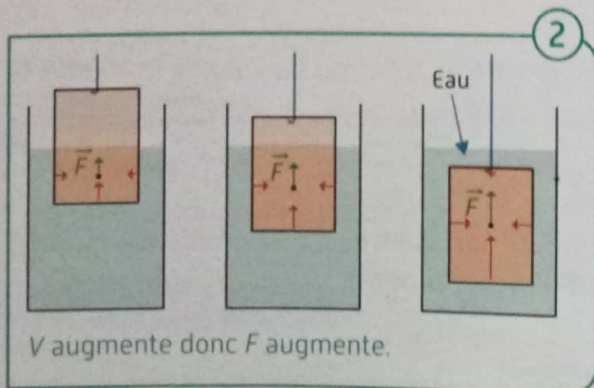


### ► Les caractéristiques de la force d'Archimède

- La résultante  $\vec{F}$  des forces de pression sur un objet placé dans un fluide (liquide ou gaz) à l'équilibre est appelée la **force d'Archimède**.
- Cette force est dirigée **verticalement, du bas vers le haut** et sa valeur est égale au **poinds du volume du fluide déplacé**.

### ► Facteurs qui influencent la valeur de la force d'Archimède

- La valeur  $F$  de la force d'Archimède exercée sur un objet immergé dans un fluide de masse volumique  $\rho$  est proportionnelle au volume immergé  $V$  de l'objet. Si  $V$  augmente, alors  $F$  augmente également ②.
- La valeur  $F$  de la force d'Archimède exercée sur un objet de volume immergé  $V$  est proportionnelle à la masse volumique  $\rho$  du fluide. Si  $\rho$  augmente, alors  $F$  augmente également ③.



## 2 Conditions de flottabilité

### ► Solide totalement immergé

- Un solide de volume  $V$  de masse volumique  $\rho_s$  entièrement immergé dans un fluide de masse volumique  $\rho_f$  est soumis à **son poids**  $\vec{P}$  et à la **force d'Archimède**  $\vec{F}$ .
- La valeur de la force résultante  $\vec{P}_{app}$  de ces deux forces, appelée **poids apparent**, a pour valeur :

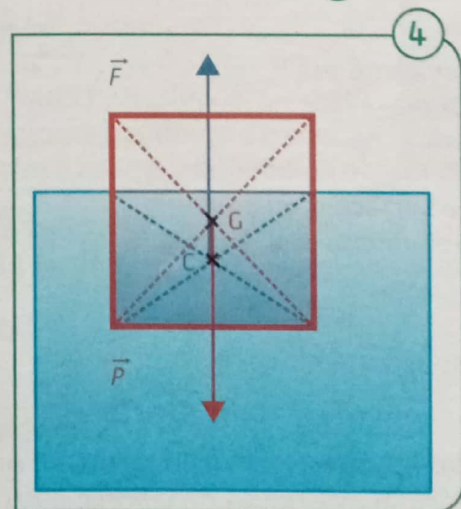
$$P_{app} = P - F = \rho_s Vg - \rho_f Vg = Vg(\rho_s - \rho_f)$$

<p>Si <math>\rho_s &gt; \rho_f</math> alors <math>P &gt; F</math> et <math>P_{app} &gt; 0</math>. Le solide <b>chute</b>.</p>	<p>Si <math>\rho_s = \rho_f</math> alors <math>P = F</math> et <math>P_{app} = 0</math>. Le solide est en <b>équilibre</b>.</p>	<p>Si <math>\rho_s &lt; \rho_f</math> alors <math>P &lt; F</math> et <math>P_{app} &lt; 0</math>. Le solide s'<b>élève</b>.</p>

- Un solide est en équilibre dans un liquide lorsque la force d'Archimède équilibre son poids.

### ► Solide flottant à la surface d'un liquide

- Un solide de volume  $V_s$  de masse volumique  $\rho_s$  flotte en équilibre à la surface d'un liquide de masse volumique  $\rho_f$  lorsque la force d'Archimède équilibre son poids :  $P = F$  (4).
- La force d'Archimède étant égale au poids du volume  $V_f$  du liquide déplacé, on a :  
 $\rho_s V_s g = \rho_f V_f g$  soit :  $\rho_s V_s = \rho_f V_f$ .  
 Le volume  $V_s$  du solide étant supérieur au volume  $V_f$  du liquide déplacé, alors :  $\rho_s < \rho_f$ .
- Un solide flotte à la surface d'un liquide si sa masse volumique est inférieure à celle du liquide.



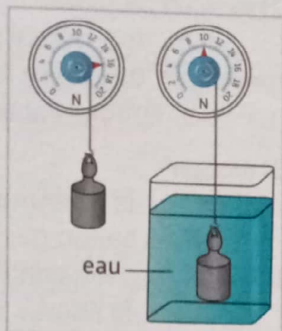
## Applications directes

### Force d'Archimède

4 On réalise l'expérience ci-contre.

a) Quelle grandeur mesure chacun des deux dynamomètres ?

b) Déduisez-en la valeur de la force d'Archimède exercée par l'eau sur le solide.



5 Un pavé droit de section horizontale  $S = 0,25 \text{ m}^2$  est plongé dans un fluide.

a) Calculez la valeur des forces pressantes appliquées sur la face supérieure, sachant que la pression mesurée est :  $p_1 = 102\,600 \text{ Pa}$ . Même question pour la face inférieure avec  $p_2 = 104\,600 \text{ Pa}$ .

b) Déduisez-en les caractéristiques de la force d'Archimède exercée par le liquide sur le pavé.

6 Un solide de volume  $V = 0,36 \text{ m}^3$  est immergé dans un fluide de masse volumique  $\rho_f = 800 \text{ kg/m}^3$ . On donne  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

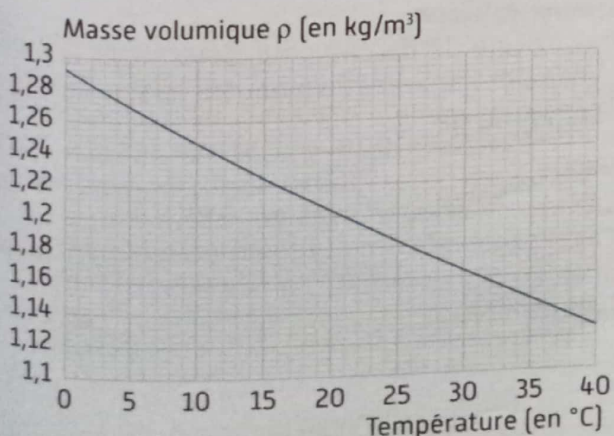
Déterminez les caractéristiques de la force d'Archimède exercée par le fluide sur le solide.

### 7 In English!

Explain why it is easier to board in the ocean than in a swimming pool.

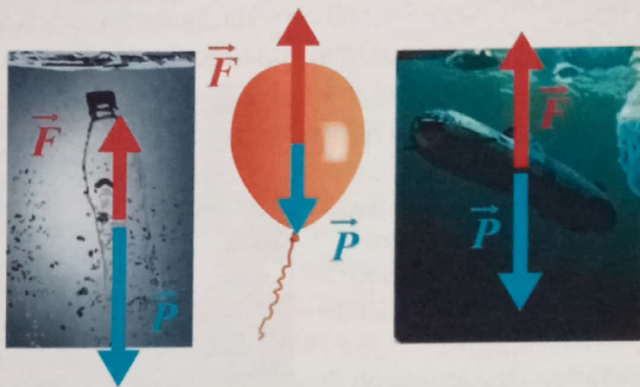
8 Expliquez pourquoi plus on veut enfoncer un ballon dans l'eau, plus la force à exercer doit être importante.

9 Une lanterne chinoise est lancée dans les airs. La température de l'air est alors de  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ . Comment va évoluer la force d'Archimède si la température diminue de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  ?



### Conditions de flottabilité

10 Déterminez dans chacun des cas ci-dessous si l'objet étudié est en équilibre, chute ou s'élève.

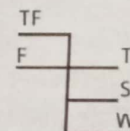


11 Un plongeur de masse  $m = 85 \text{ kg}$  est en équilibre à  $5 \text{ m}$  en dessous du niveau de la mer.

a) Comparez les caractéristiques du poids du plongeur et celles de la force d'Archimède exercée par l'eau sur celui-ci avec  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

b) Déterminez la valeur de la force d'Archimède exercée par l'eau sur le plongeur.

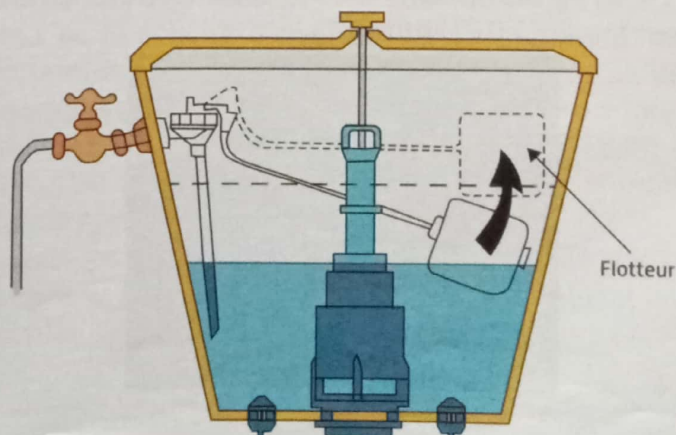
12 Expliquez pourquoi les lignes de flottaison sont peintes sur la coque des navires en fonction de la température et de la salinité de l'eau. (TF : eau douce tropicale ; F : eau douce ; T : eau salée tropicale ; W : eau salée hiver ; S : eau salée été).



13 Ce bateau en granit de  $3,5 \text{ tonnes}$  est capable de flotter dans l'eau douce. Calculez le volume minimum de liquide déplacé avec  $\rho_f = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ .




14 Expliquez le fonctionnement d'une chasse d'eau avec flotteur lorsque la cuve se remplit.



## Problèmes par compétences

## Problème corrigé

**15** Quelle masse de capteurs peut emporter un ballon sonde ?

Co-intervention 

## Problématique professionnelle

Un ballon sonde sphérique de volume  $V_b = 9,00 \text{ m}^3$ , rempli à l'hélium ( $\rho_{\text{He}} = 0,18 \text{ kg/m}^3$ ), est lâché dans l'atmosphère ( $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$ ) pour réaliser des mesures météorologiques. Une nacelle contenant les capteurs est accrochée au ballon à l'aide d'un câble.



## En physique

## 1) S'approprier

Faites l'inventaire des forces appliquées au dispositif.

## CORRIGÉ

- 1) Les forces appliquées au dispositif sont son poids  $\vec{P}$  [vertical vers le bas] et la force d'Archimède  $\vec{F}$  [verticale vers le haut].
- 2) Calculez la valeur de  $F$ . Pour que le ballon décolle :  $P < F$ . On en déduit  $m_T = \frac{P}{g}$ .
- 3) a)  $F = \rho g V = 1,29 \times 9,81 \times 9,00 = 114 \text{ N}$

## 2) Analyser-Raisonner

Proposez une démarche pour déterminer la masse maximale du dispositif  $m_T$  (avec les capteurs) pour que le ballon puisse décoller.

## 3) Réaliser

- a) Calculez la valeur de la force d'Archimède appliquée au ballon par l'air atmosphérique.
- b) Dans quelles conditions le ballon va-t-il pouvoir décoller ?
- c) Déduisez-en la masse maximale  $m_T$  du dispositif (avec les capteurs).

## En enseignement professionnel

## 4) Valider

La masse du dispositif (sans les capteurs) est :  $m_1 = 2,60 \text{ kg}$ . Déduisez-en la masse  $m_2$  de capteurs que le ballon peut emporter.

## 5) Communiquer

Rédigez une note afin d'expliquer pourquoi la masse de capteurs embarqués ne peut pas dépasser une certaine valeur.

b)  $\rho_{\text{He}} < \rho_{\text{air}}$  donc  $P < F$ .

c)  $P < 114 \text{ N}$  et  $m_T < 114 / 9,81$  donc  $m_T < 11,6 \text{ kg}$

4)  $m_2 = m_T - m_1 = 11,6 - 2,60 = 9,00 \text{ kg}$

5) Pour décoller, le ballon ne peut avoir un poids supérieur à la force d'Archimède. Dans ce cas, la masse de capteurs ne doit pas dépasser 9 kg.

**16** Quel lestage pour le plongeur ?

Un plongeur sous-marin tout équipé a une masse  $m = 98 \text{ kg}$ . Son volume est  $V = 101 \text{ dm}^3$ . Il plonge en mer ( $\rho_{\text{mer}} = 1\,030 \text{ kg/m}^3$ ).



## 1) S'approprier

Faites l'inventaire des forces appliquées au plongeur.

## 2) Analyser-Raisonner

Proposez une démarche pour déterminer la valeur  $P_{\text{app}}$  du poids apparent du plongeur lorsqu'il est totalement immergé.

## 3) Réaliser

- a) Calculez la valeur  $P$  avec  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .
- b) Calculez la valeur de la force d'Archimède appliquée au plongeur par l'eau de mer.
- c) Déduisez-en  $P_{\text{app}}$ .

**4) Valider**

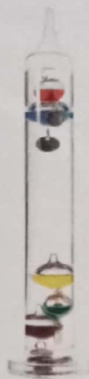
Pour pouvoir explorer les fonds marins, le poids apparent du plongeur doit être nul. Quelle masse de lest doit-il alors fixer à sa ceinture pour être en équilibre ?

**5) Communiquer**

Expliquez ce que doit faire un plongeur avant de s'immerger pour explorer les fonds marins dans de bonnes conditions.

**17 Connaissez-vous le thermomètre de Galilée ?**

Le thermomètre de Galilée est un objet décoratif constitué d'un tube en verre rempli d'un liquide dont la masse volumique diminue quand la température augmente. Des boules de verre de même volume  $V_{\text{boule}} = 9,2 \text{ cm}^3$  et de poids légèrement différents, sont lestées par un petit médaillon indiquant la valeur de la température.



**1) S'approprier**

Que se passe-t-il quand la température indiquée sur le médaillon d'une boule est atteinte par le fluide ? Comparez alors la masse volumique de la boule  $\rho_{\text{boule}}$  à celle du fluide  $\rho_{\text{fluide}}$ .

**2) Analyser-Raisonner**

Proposez une méthode permettant de déterminer la masse de la boule indiquant une température de  $20^\circ\text{C}$ , sachant qu'à  $20^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{\text{fluide}} = 848 \text{ kg/m}^3$ .

**3) Réaliser**

Calculez la masse de la boule indiquant une température de  $20^\circ\text{C}$ .

**4) Valider**

Que se passerait-il si la température du fluide augmentait ? Comment varierait alors sa masse volumique ?

**5) Communiquer**

Expliquez comment évolue la boule en fonction de la température du fluide et de la masse volumique de ce dernier.

**18 Comment faire flotter un OFNI ?**

Un groupe d'élèves a fabriqué un objet flottant non identifié (OFNI) pour participer à une course. La flotabilité n'étant pas testée au préalable, la mise à l'eau est un moment de stress.

**1) S'approprier**

Quels matériaux sont utilisés pour faire flotter les OFNI ?

**2) Analyser-Raisonner**

L'OFNI a été conçu pour supporter une charge maximale de  $200 \text{ kg}$  (ligne de flottaison au niveau du plancher). Le plancher a une masse de  $30 \text{ kg}$ . Il flotte grâce à des tonneaux métalliques vides de  $50 \text{ L}$  et de masse  $20 \text{ kg}$  placés sous le plancher.

Proposez une méthode permettant de déterminer le nombre de tonneaux nécessaires pour que l'OFNI flotte.

*Données :*  $g = 10 \text{ N/kg}$  et  $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ .

**3) Réaliser**

- a) Exprimez la valeur  $P$  du poids de l'OFNI en fonction du nombre  $x$  de tonneaux en charge maximale.
- b) Montrez que l'expression de la force d'Archimède exercée sur l'OFNI en fonction du nombre de tonneaux totalement immergés  $x$  est  $F = 500x$ .
- c) À l'équilibre :  $P = F$ . Déduisez-en le nombre minimal de tonneaux qui doivent être fixés sous le plancher.

**4) Valider**

Combien de bidons faut-il fixer sous le plancher de l'OFNI ?

**5) Communiquer**

Expliquez comment vous avez procédé pour vous assurer de la bonne flottaison de l'OFNI.

## Démarche scientifique

**19 Comme dans « Là-haut » ?**

Le lundi 23 octobre 2017, l'aventurier Tom Morgan s'est envolé, assis sur une chaise attachée à 100 ballons de baudruche gonflés à l'hélium. Il a pu s'élever jusqu'à  $2,4 \text{ km}$  d'altitude et parcourir  $25 \text{ km}$ . L'expérience fut cependant terrifiante car quand il s'approcha de la couche d'inversion de l'atmosphère, où la température commence à grimper, sa chaise de voyage a accéléré brutalement : « J'ai dû garder mon calme et couper les cordes des ballons petit à petit » a-t-il dit à la BBC. Il a pu ensuite regagner la terre ferme après  $2 \text{ h}$  de vol.

Expliquez le phénomène d'accélération subi par la chaise et pourquoi il a pu y remédier en coupant les cordes de quelques ballons.

Lien vidéo

Course OFNI Kemps  
2019 (2 : 14)

