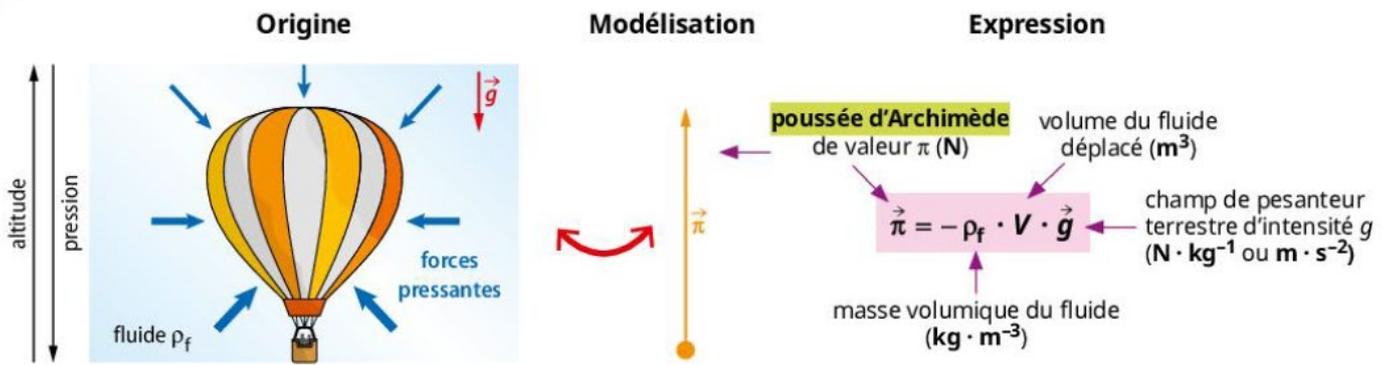


## 1 La poussée d'Archimède



## 2 Écoulement d'un fluide incompressible

Le **débit volumique** d'un fluide dépend de la vitesse du fluide et de la section du conduit :

volume de fluide écoulé ( $\text{m}^3$ )      vitesse du fluide ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

débit volumique ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

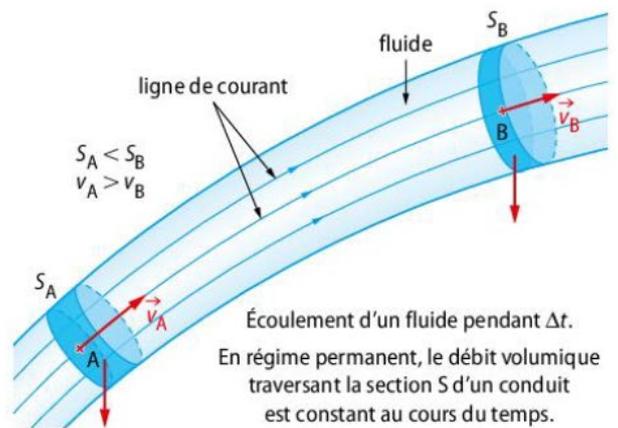
$Q = \frac{V}{\Delta t} = v \cdot S$

aire de la section du conduit ( $\text{m}^2$ )

durée de l'écoulement (s)

### Conservation du débit volumique

$Q_{(A)} = Q_{(B)}$  (en régime permanent, le long d'une ligne de courant)



## 3 Relation de Bernoulli et conséquences

Lors de l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent les évolutions de la pression, de la vitesse et de l'altitude le long d'une ligne de courant sont modélisées par la **relation de Bernoulli** :

masse volumique du fluide ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )      altitude (m)

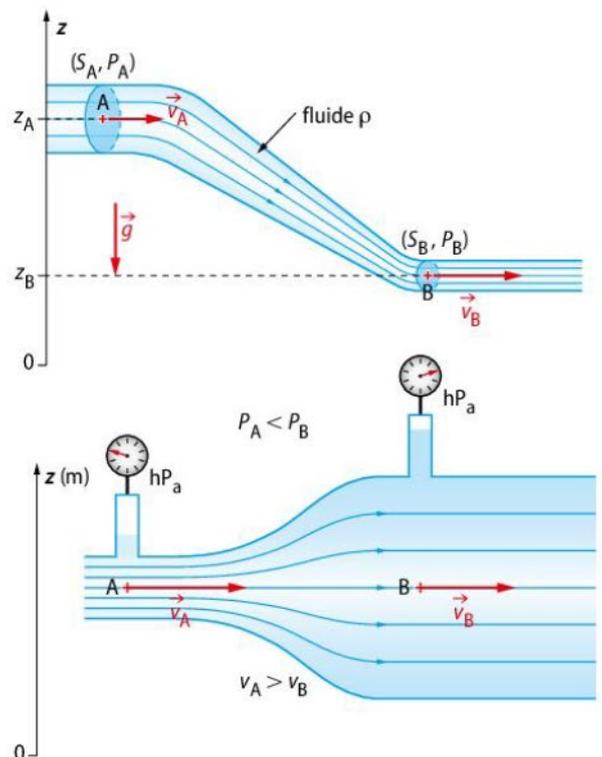
pression du fluide (Pa)

$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$

vitesse du fluide ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )      intensité de pesanteur ( $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

### Effet Venturi

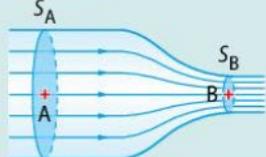
En régime permanent, la pression  $P$  d'un fluide diminue lorsque sa vitesse  $v$  augmente.



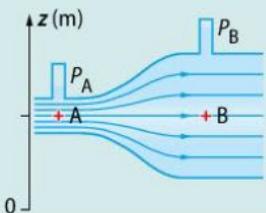
**1 La poussée d'Archimède**

	A	B	C
<b>1</b> La poussée d'Archimède a pour origine :	l'attraction exercée par la Terre.	les variations de la pression au sein d'un fluide.	les frottements exercés par un fluide.
<b>2</b> La poussée d'Archimède est une force :	toujours verticale et dirigée vers le bas.	de valeur égale à celle du poids du volume de fluide déplacé.	dont la valeur dépend de la masse volumique du corps immergé.
<b>3</b> Pour un corps de volume $V$ et de masse volumique $\rho$ plongé dans un fluide de masse volumique $\rho_f$ , l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède $\vec{\pi}$ est :	$\vec{\pi} = -\rho \cdot V \cdot \vec{g}$	$\vec{\pi} = \rho_f \cdot V \cdot \vec{g}$	$\vec{\pi} = -\rho_f \cdot V \cdot \vec{g}$

**2 Écoulement d'un fluide incompressible**

	A	B	C
<b>4</b> Le débit volumique d'un fluide traversant la section d'un conduit est proportionnel :	au volume $V$ écoulé et à la durée d'écoulement $\Delta t$ .	à la vitesse $v$ du fluide qui s'écoule.	à l'aire $S$ de la section du conduit.
<b>5</b> En régime permanent, l'écoulement d'un fluide traversant la section d'un conduit est caractérisé par :	un débit volumique et une vitesse du fluide constants.	un débit volumique constant mais une vitesse du fluide pouvant varier.	un débit volumique et une vitesse du fluide pouvant varier.
<b>6</b> Dans l'écoulement suivant : 	$Q_{(A)} > Q_{(B)}$ et $v_A < v_B$	$Q_{(A)} = Q_{(B)}$ et $v_A = v_B$	$Q_{(A)} = Q_{(B)}$ et $v_A < v_B$

**3 Relation de Bernoulli et conséquences**

	A	B	C
<b>7</b> Pour l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent, la relation de Bernoulli pour tout point d'une ligne de courant :	relie la pression au volume et à l'altitude.	relie la pression à la vitesse et à l'altitude.	relie le poids à la vitesse et à l'altitude.
<b>8</b> À altitude constante, la relation de Bernoulli :	permet de modéliser l'effet Venturi.	s'écrit $P + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{constante}$ .	s'écrit $(P_A - P_B) = \frac{1}{2}\rho \cdot (v_A^2 - v_B^2)$ .
<b>9</b> Dans l'écoulement suivant, l'effet Venturi se traduit par : 	$v_A > v_B$ et $P_A > P_B$	$v_A = v_B$ et $P_A = P_B$	$v_A > v_B$ et $P_A < P_B$

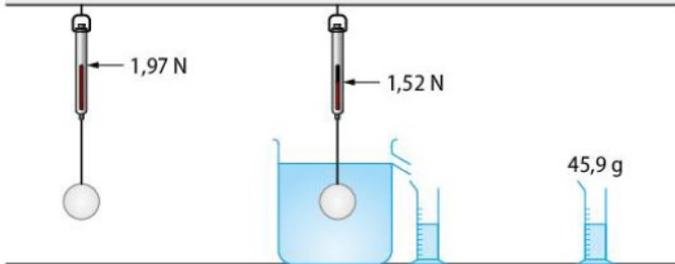


### DONNÉES

- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $\rho_{\text{eau de mer}} = 1025 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;
- $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ;
- $\rho_{\text{ethanol}} = 0,79 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

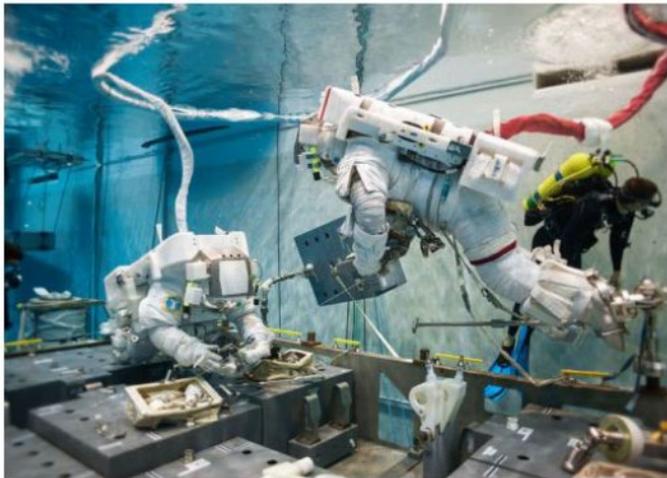
## 11 Valeur de la poussée d'Archimède

- Qu'appelle-t-on poussée d'Archimède  $\vec{\pi}$ ? En donner les caractéristiques (direction, sens et valeur)
- À partir des expériences suivantes, déterminer de deux manières différentes la valeur  $\pi$  de la poussée d'Archimède qui modélise l'action du fluide sur le corps immergé.



## 12 Entraînement des spationautes

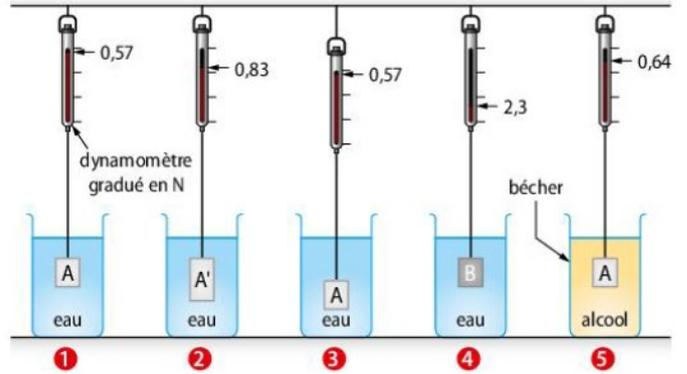
Afin de simuler l'état d'impesanteur, les spationautes équipés de leur combinaison s'entraînent aux exercices dans l'espace dans une piscine.



- Calculer la valeur  $P_1$  du poids et  $\pi$  de la poussée d'Archimède exercée sur un spationaute ( $V = 0,19 \text{ m}^3$ ,  $m = 200 \text{ kg}$ ) entièrement immergé.
- Représenter ces forces sur un schéma en choisissant une échelle adaptée.
- En déduire le poids apparent  $P_2$  ressenti par le spationaute. À quelle masse cela correspondrait-il hors de l'eau?

## 13 Paramètres d'influence de la poussée d'Archimède

- Écrire l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède. Préciser le nom et l'unité de chaque grandeur. Pour tester cette expression, on réalise la série d'expériences suivantes.



	A'	A	B
<b>Matériau</b>	Aluminium		Acier
<b>Volume</b>	$V_2 = 50 \text{ mL}$	$V_1 = 34 \text{ mL}$	
<b>Masse</b>	$m_{A'} = 135 \text{ g}$	$m_A = 91,8 \text{ g}$	$m_B = 267 \text{ g}$

- Calculer la valeur du poids  $P$  de chaque cylindre A, A' et B.
- Identifier les paramètres mis en jeu au cours des différentes expériences.
  - Indiquer en justifiant ceux qui ont une influence sur la valeur de la poussée d'Archimède.
  - Ces résultats valident-ils l'expression de la poussée d'Archimède?

## 14 À la station-service

- Estimer la durée nécessaire pour faire le plein en carburant d'un véhicule dont le volume du réservoir est de 50 L.
  - Définir le débit volumique  $Q$  d'un fluide et calculer la valeur de celui produit par la pompe à carburant.
  - Comparer le résultat obtenu à la valeur du débit moyen d'une pompe standard :  $Q = 4,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Le diamètre intérieur du tuyau de refoulement est de 16 mm.
  - Calculer l'aire  $S$  d'une section droite du tuyau.
  - Écrire l'expression littérale permettant de déterminer la vitesse  $v$  du carburant dans le tuyau. En déduire sa valeur.

## 15 Circulation sanguine

Le sang a un débit volumique moyen d'environ  $5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  chez l'adulte.

- Définir le débit volumique d'un fluide en régime permanent.
  - Exprimer la valeur du débit volumique sanguin dans l'unité du système international.
- Quel volume de sang traverse chaque seconde une section de l'artère aorte de  $2,5 \text{ cm}^2$ ?
  - À quelle vitesse le sang s'y écoule-t-il?
- Une artériosclérose (maladie liée à une accumulation de lipides et tissus fibreux) conduit à une diminution locale du diamètre de l'artère.
  - Le débit volumique sanguin en est-il modifié?
  - La vitesse du sang y est-elle identique, plus importante, plus faible que dans une artère saine? Justifier la réponse.

## 17 Nettoyeur haute pression

On considère le nettoyeur haute pression suivant :



- Quelle doit être l'aire  $S_A$  de la section de la buse pour que la vitesse  $v_A$  de l'eau en sortie soit de  $125 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ?
- a. Traduire la conservation du débit volumique par une relation liant  $S_A$ ,  $v_A$ ,  $S_B$  (l'aire de la section du flexible) et  $v_B$  (la vitesse de l'eau dans le flexible).  
b. En déduire la vitesse  $v_B$ .

### DONNÉES

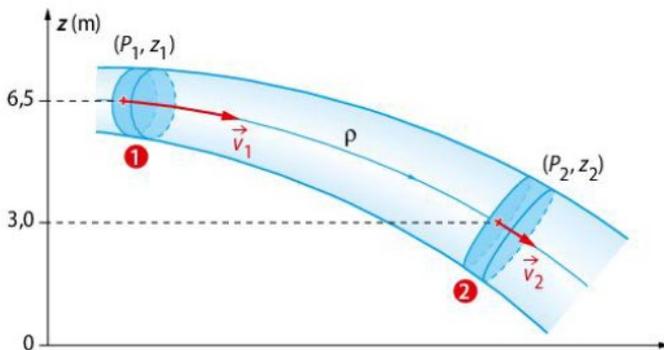
Relation de Bernoulli :

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constant} ;$$

$$\rho_{\text{eau}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} ; g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

## 19 Écoulement sans frottement

On considère une quantité d'eau en écoulement entre les deux positions 1 et 2 situées sur une même ligne de courant et présentées sur la figure ci-dessous.



Les données sont les suivantes :

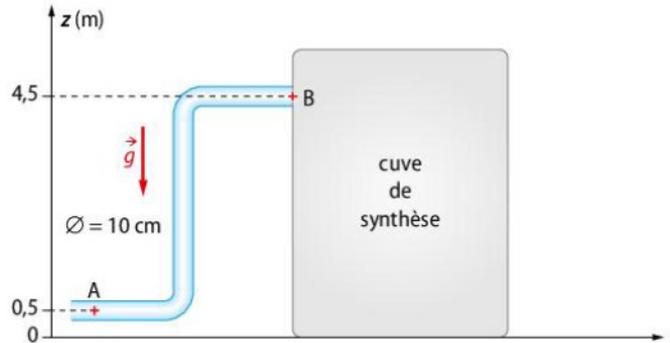
$$P_1 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}, v_1 = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, v_2 = 4,5 \times 10^{-1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

- Appliquer la relation de Bernoulli à l'écoulement du fluide entre les positions 1 et 2.
- En déduire l'expression littérale donnant la pression  $P_2$  du fluide puis calculer sa valeur.

## 21 Chimie industrielle de synthèse

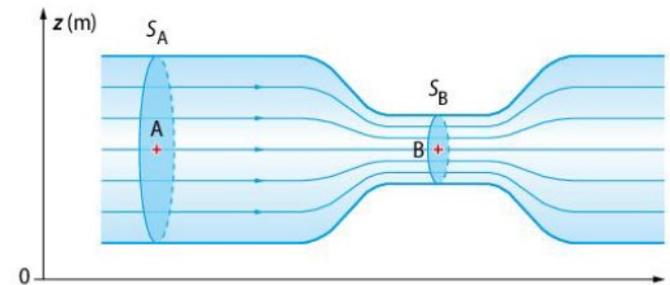
De l'acétone ( $\rho = 784 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) s'écoule du point A au point B d'une canalisation industrielle de diamètre constant avec un débit volumique de  $0,75 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$  dont l'écoulement est modélisé par le schéma ci-dessous. La pression en A vaut 3,5 bar.

Calculer la pression de l'acétone en B en appliquant la relation de Bernoulli et en détaillant les étapes du raisonnement (expressions littérales et applications numériques).



## 22 Rétrécissement d'un écoulement

Un fluide incompressible de masse volumique  $\rho = 825 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  s'écoule dans le tube de courant suivant.



Les données sont les suivantes :

$$v_A = 4,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, P_A = 1002 \text{ hPa} \text{ et } P_B = 987 \text{ hPa}.$$

- À travers quelle section ( $S_A$  ou  $S_B$ ) la vitesse du fluide est-elle la plus élevée ? Justifier la réponse.
- a. Appliquer la relation de Bernoulli entre les deux sections  $S_A$  et  $S_B$  en considérant les points A et B qui se trouvent sur la même ligne de courant.  
b. En déduire la valeur de la vitesse  $v_B$  du fluide traversant la section  $S_B$ . Le résultat valide-t-il la réponse en 1 ?

# Faire le point avant d'aller plus loin

PRÉPA  
BAC

Pour vérifier ses connaissances, répondre aux questions suivantes (sans regarder le cours !)

Expliquer qualitativement l'origine de la poussée d'Archimède.

Écrire l'expression de la poussée d'Archimède en explicitant chaque grandeur et son unité.

Définir le débit volumique d'un fluide en régime permanent.

Nommer chaque grandeur de la relation de Bernoulli et donner son unité :  

$$\rho + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante.}$$

Écrire la relation liant le débit volumique d'un fluide et sa vitesse d'écoulement en explicitant chaque grandeur et son unité.

Effectuer le bilan des actions mécaniques qui agissent sur un corps immobile immergé dans un fluide.

Expliquer comment déterminer la vitesse d'un fluide à partir de la conservation du débit volumique en régime permanent.

Expliquer pourquoi lors de l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent si  $S_B < S_A$  alors  $v_B > v_A$ .

## 26 Ascension de Félix Baumgartner



En 2012, Félix Baumgartner s'est élevé à près de 40 km d'altitude grâce à un ballon déformable gigantesque.

**Données :**

- Volume d'hélium utilisé au sol :  $5\,100\text{ m}^3$  (soit près du double du volume nécessaire pour la sustentation<sup>(1)</sup>).
- Masse totale (équipage, ballon et hélium) : environ 3 tonnes.

$\rho_{\text{troposphère}} = 1,2\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ;  $g = 9,81\text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$  au niveau du sol.

(1) Sustentation : état d'un corps maintenu au-dessus d'une surface, sans contact avec celle-ci.

### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Les données indiquent la masse totale du système à prendre en compte.
- L'énoncé définit l'état de sustentation.

1. **a. Expliquer qualitativement** l'origine de l'action responsable de l'ascension du ballon.  
**b. Illustrer** par un schéma, sans souci d'échelle mais cohérent avec la situation, les forces modélisant les actions qui s'exercent sur le système (ballon + équipage) juste après le décollage, en négligeant les frottements.
2. **Vérifier** par un calcul que :  
**a.** le ballon peut décoller ;  
**b.** un volume initial d'hélium de  $5\,100\text{ m}^3$  correspond bien au « double du nécessaire pour la sustentation ».

### LES VERBES D'ACTION

- **Expliquer qualitativement** : donner une justification à une observation ou une affirmation sans faire de calcul.
- **Illustrer** : dessiner symboliquement des notions.
- **Vérifier** : Effectuer un raisonnement logique pour confirmer un résultat.

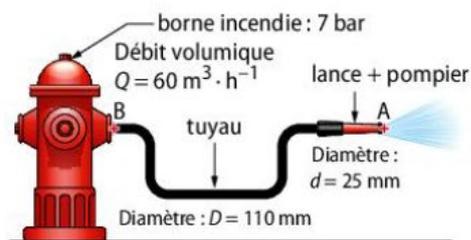
## 28 Lance à incendie

On considère la situation représentée par le schéma ci-contre.

**Données :**  $P_{\text{atm}} = 1\,013\text{ hPa}$  ;

$\rho_{\text{eau}} = 1\,000\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ; relation de Bernoulli :

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante.}$$



### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- La valeur du débit volumique est précisée dans l'énoncé.
- Les données fournissent la relation de Bernoulli dans le cas général d'un écoulement permanent.

1. **a.** Calculer, à partir du débit volumique, la valeur de la vitesse  $v_B$  de l'eau à la sortie de la borne incendie.  
**b. Appliquer** la conservation du débit volumique à l'écoulement pour la vitesse  $v_A$  de l'eau éjectée en sortie de lance.
2. **a. Appliquer** la relation de Bernoulli entre les points A et B situés sur une même ligne de courant.  
**b. En déduire** la valeur de la pression  $P_B$  de l'eau à la sortie de la borne et la **comparer** à celle de l'énoncé.

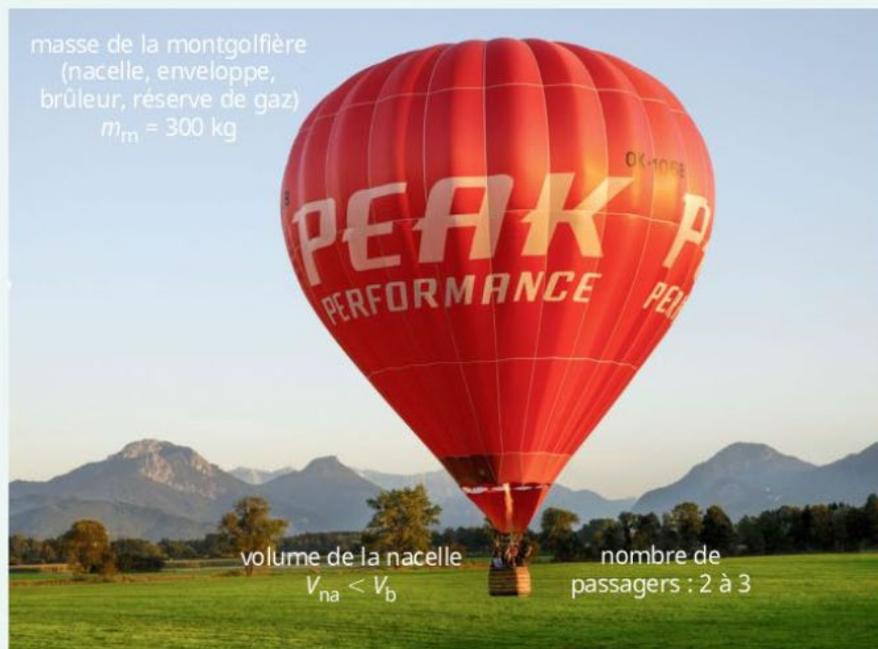
## 38 Décollage d'une montgolfière RÉSOLUTION DE PROBLÈME



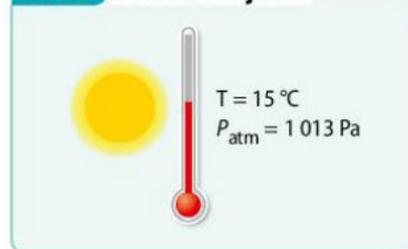
**(AN/RAI)** Proposer une stratégie de résolution

Les déplacements verticaux d'une montgolfière sont assurés par le chauffage de l'air qu'elle renferme au moyen d'un brûleur et de réserves en carburant.

### DOC 1 Les caractéristiques de la montgolfière



### DOC 3 Météo du jour



### DOC 2 Masse volumique de l'air et température



**DONNÉES**

- ▶ Intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
- ▶  $T(\text{en K}) = T(\text{en } ^\circ\text{C}) + 273,15$
- ▶ Volume d'une sphère de rayon  $R$  :  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$
- ▶ Expression vectorielle de la poussée d'Archimède :  $\vec{\pi} = -\rho_f \cdot V \cdot \vec{g}$

#### QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

- Donner une estimation cohérente du volume du ballon de la montgolfière photographiée sur le doc. 1.
- Modéliser sur un schéma, sans souci d'échelle mais avec cohérence, les actions mécaniques qui agissent sur le ballon lors du décollage.
- Quelle est la valeur de la masse volumique de l'air extérieur au ballon ?

#### LE PROBLÈME À RÉSOUDRE

**Quelle doit être la valeur minimale de la température de l'air contenu dans le ballon d'une montgolfière pour permettre son décollage ?**

*Il est attendu une prise d'initiatives et une présentation de la démarche suivie même s'il elle n'a pas abouti.*

## Une plongée technique

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs ; rédiger une argumentation.

Les parties I et II sont indépendantes.

### Partie I La stabilité est de rigueur

Au cours d'une plongée, un plongeur cherche à se stabiliser afin de rester à une profondeur constante. Pour cela, il dispose d'un gilet de stabilisation et d'un ordinateur de plongée.



#### A Le gilet de stabilisation

Le gilet de stabilisation est un dispositif dont on peut faire varier le volume en injectant ou en évacuant de l'air. La valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'eau est alors modifiée, de façon à ce qu'elle compense exactement le poids du plongeur équipé.

L'air injecté provient de la bouteille d'air comprimé qui fait partie de l'équipement du plongeur ; cette injection d'air n'a donc aucune incidence sur la masse  $m$  du système {plongeur équipé}.

Lors de l'évacuation de l'air, on considère que la masse d'air expulsé est négligeable devant celle du système.

Le plongeur équipé, situé à une profondeur de 20 m en Méditerranée occupe un volume  $V = 0,088 \text{ m}^3$ . On suppose qu'il ne fait aucun geste.

1. Quelle est la valeur  $v_2$  de la vitesse de l'eau dans le passage de diamètre  $d_2$  ?
2. Calculer la différence de pression  $\Delta P = P_2 - P_1$  entre les deux passages cylindriques de la cavité.
3. L'ordinateur de plongée indique notamment la profondeur à laquelle se trouve le plongeur. Il la calcule en fonction de la pression locale qu'il mesure, en appliquant la relation fondamentale de la statique des fluides selon laquelle la pression dans l'eau augmente de 1 bar lorsque la profondeur augmente de 10 m.

Quelle différence de profondeur, entre les deux passages cylindriques de la cavité, l'ordinateur va-t-il indiquer alors que le plongeur se déplace horizontalement ?

1. Calculer la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'eau sur le plongeur équipé.
2. Qu'arrive-t-il au plongeur équipé à la profondeur de 20 m s'il n'agit pas sur le gilet stabilisateur ?
3. Pour répondre à la question 2, il suffit de comparer les masses volumiques du plongeur équipé et de l'eau salée. Justifier cette affirmation.
4. Quel volume d'air le plongeur doit-il injecter dans son gilet ou évacuer afin d'être stabilisé ?

### Partie II Les courants sous-marins et les ordinateurs de plongée

Le plongeur équipé entre dans une cavité modélisable par un cylindre de diamètre  $d_1 = 6,0 \text{ m}$ , dans laquelle l'eau se déplace à une vitesse de valeur  $v_1 = 0,30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . La cavité est prolongée par un passage également cylindrique de diamètre  $d_2 = 3,0 \text{ m}$ . La situation est schématisée ci-dessous :



On suppose que le volume du plongeur est négligeable devant celui de la cavité. L'eau est considérée comme un fluide incompressible qui s'écoule en régime permanent indépendant du temps.

#### Données

• On considère que la relation de Bernoulli peut s'appliquer le long d'une ligne de courant d'un fluide incompressible en écoulement permanent indépendant du temps.

Elle s'écrit :

$$\frac{1}{2} \rho \times v^2 + \rho \times g \times z + P = \text{constante}$$

- Masse volumique de l'eau en mer Méditerranée :  $\rho_{\text{eau salée}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- Pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ .
- 1 bar =  $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ .
- Masse du plongeur équipé :  $m = 92 \text{ kg}$ .