

## Examen de Physique

### Questions (4 points)

- Énoncez les lois de Snell-Descartes (appuyez votre réponse par des schémas)
- Il fait nuit dehors, vous êtes dans une pièce éclairée et vous vous voyez à travers une vitre donnant vers l'extérieur. Pourquoi ?
- Quelle est la condition pour qu'un rayon lumineux subisse une réflexion totale en passant d'un milieu d'indice  $n_1$  vers un milieu d'indice  $n_2$  ?
- La qualité de l'image obtenue à travers un système optique dépend-elle du stigmatisme de ce système. Expliquer.

### Exercice 01 (5 points)

Pour déterminer le type d'écoulement d'un liquide dans une conduite de forme cylindrique, nous utilisons le nombre de Reynolds exprimé par la relation suivante :  $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot r}{\eta}$

Avec : ( $\rho$ ) : masse volumique du liquide ; ( $r$ ) : rayon de la conduite ; ( $v$ ) : vitesse critique de l'écoulement du liquide ; ( $\eta$ ) : viscosité dynamique du liquide.

1. Sachant que l'équation aux dimensions de la viscosité dynamique est  $[\eta] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$ , déterminer les valeurs de :  $x$ ,  $y$  et  $z$ .
2. Écrire l'expression  $Re(\text{vrai}) = Re(\text{mesuré}) \pm \Delta Re$  et préciser l'intervalle de confiance de mesure de  $Re$ .

$$\rho = (1,10 \pm 0,02) \text{ g/cm}^3 ; r = (2,00 \pm 0,02) \text{ cm} ; v = (0,040 \pm 0,001) \text{ m/s} ; \eta = (1,00 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

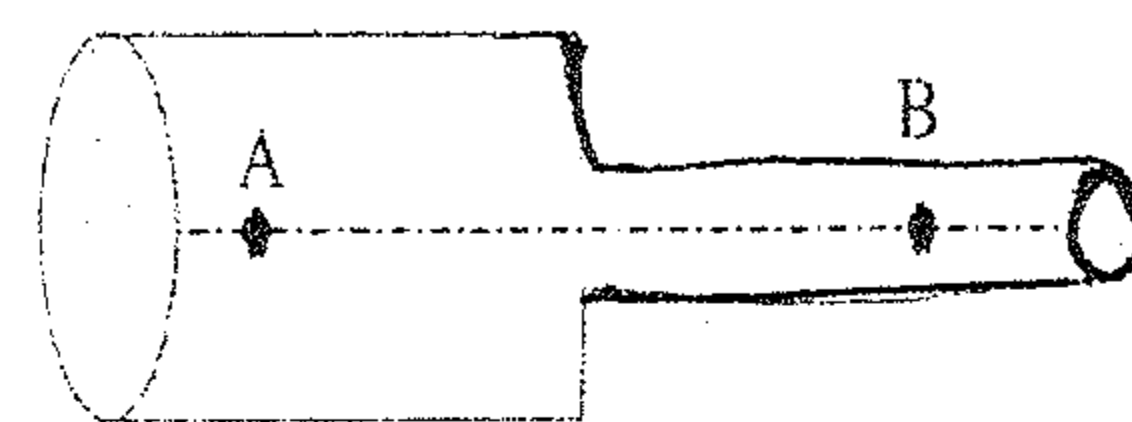
### Exercice 02 (5 points)

Un tonneau vide de masse  $m=50 \text{ kg}$  flotte sur l'eau : son volume  $V'$  hors de l'eau (partie non immergée) est de 450 litres. Données :  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{Kg}^{-1}$  et  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1. Donner l'énoncé de la poussée d'Archimède.
2. Quel est le volume total du tonneau ?
3. Rempli d'un liquide de masse volumique  $\rho_L = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , ce tonneau flotte-t-il ou coule-t-il ? expliquez.

### Exercice 03 (6 points)

On considère le convergent horizontal ci-contre dans lequel circule de l'eau (supposé fluide parfait incompressible).



On donne :  $Q_V = 120 \text{ L/s}$  ;  $S_A = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  ;  $S_B = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  ;  $\rho (\text{eau}) = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

1. Que signifie un fluide parfait et incompressible ?
2. Calculer le débit-masse  $Q_m$ .
3. Calculer les vitesses moyennes circulatoires  $v_A$  et  $v_B$ .
4. Calculer la différence de pression (les pertes de charges)  $\Delta p = p_A - p_B$  aux bornes du convergent. Exprimer cette valeur en Pascal, atmosphère et mbar.
5. Calculer la dénivellation «  $h$  » d'un manomètre différentiel à eau branché entre les points A et B.

# Corrigé de l'examen de physique

\* Réponses aux questions de cours:

• Les lois de Snell - Descartes :

2 lois de réflexion  $\leftarrow$  plans  
angle d'incidence  $i$  = angle de réflexion ( $i'$ )

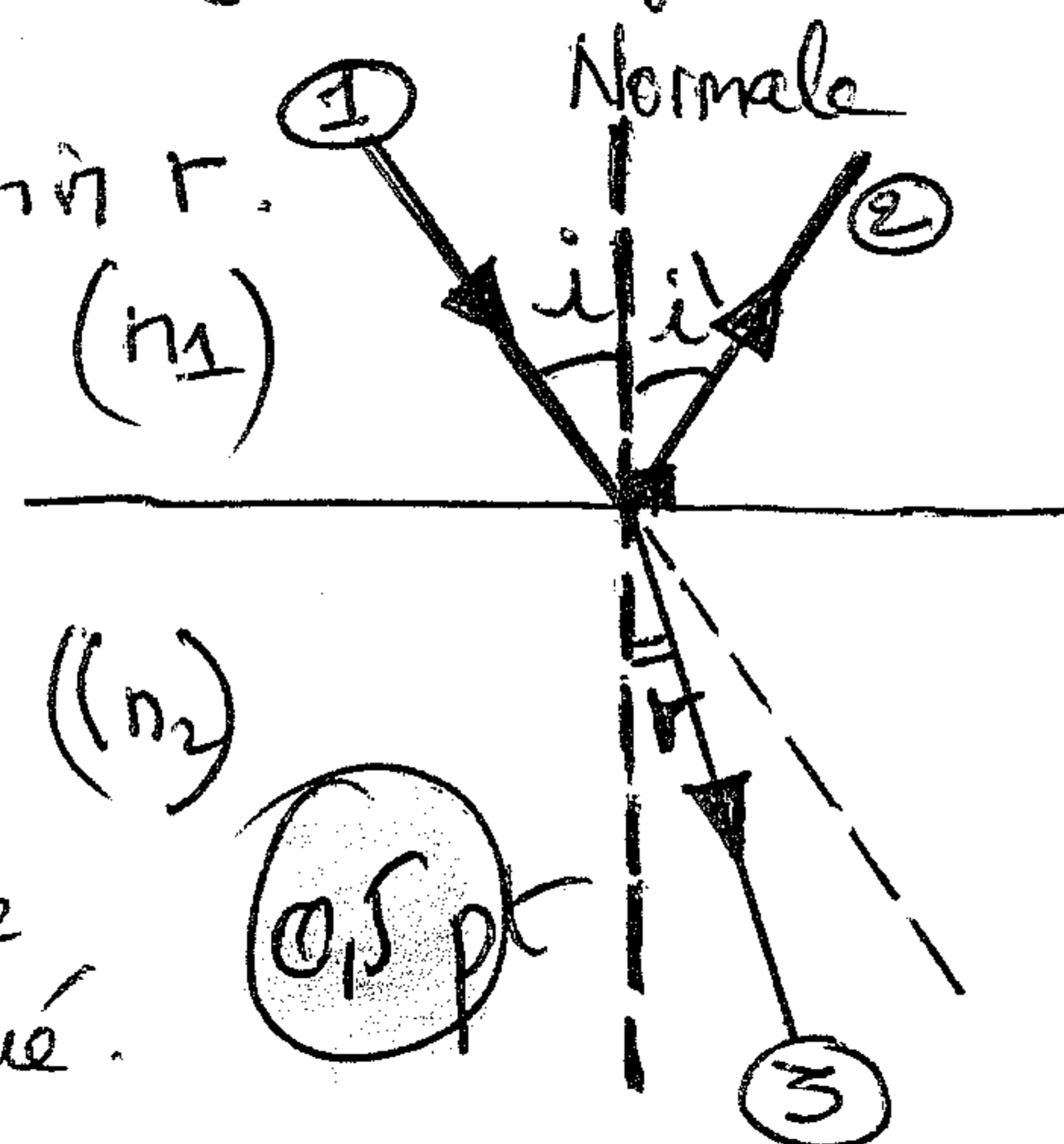
2 lois de réfraction  $\leftarrow$  plans  
 $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ .

① rayon lumineux incident

② rayon lumineux réfléchi

③ rayon lumineux réfracté

Les plans de ces rayons et la feuille sur laquelle le schéma a été effectué.



• L'image formée par la vitre s'explique par les considérations suivantes:

le milieu de réfraction est opaque (noir).

① pt Donc, on tient compte que des rayons réfléchis. Le phénomène de réfraction ~~est~~ n'existe pas.

La vitre joue le rôle d'un miroir (phénomène de réflexion est dominant).

• La condition de la réflexion totale est:

① pt  $n_1 > n_2$  (l'indice du milieu d'incidence est supérieur à celui du milieu de réfraction).

• La qualité des images obtenues à travers un système optique dépend de la stigmatisme de ce système.

① pt Par si le système optique est rigoureusement stigmatique, l'image du point - objet est un point. Dans les conditions de Gauss, le stigmatisme approché donne un ensemble de points (image floue) ①

\* Réponse de l'exercice (1)

$$Re = \frac{\rho \cdot v^3 \cdot r^3}{\eta} = \rho^x \cdot v^y \cdot r^z \cdot \eta^{-1}$$

• Détermination des valeurs de (x), (y) et (z):

Nous avons:  $[Re] = [\rho]^x \cdot [v]^y \cdot [r]^z \cdot [\eta]^{-1} \dots \textcircled{1} \rightarrow 0,5 \text{ pt}$

Dans le système international (SI) des unités de mesure, on a:

$$[\rho] = M L^{-3} ; [v] = L \cdot T^{-1} ; [r] = L ; [\eta] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1} \rightarrow 0,5 \text{ pt}$$

on remplace ces équations aux dimensions dans l'expression... (1)

$$[Re] = (M L^{-3})^x \cdot (L \cdot T^{-1})^y \cdot (L)^z \cdot (M L^{-1} \cdot T^{-1})^{-1}$$

$$\Rightarrow 1 = M^{x-1} \cdot L^{-3x+y+z+1} \cdot T^{-y+1}$$

$$\Rightarrow M^0 \cdot L^0 \cdot T^0 = M^{x-1} \cdot L^{-3x+y+z+1} \cdot T^{-y+1} \rightarrow 0,5 \text{ pt}$$

Par comparaison, on obtient:

$$\begin{cases} x-1=0 \\ -3x+y+z+1=0 \\ -y+1=0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x=1 \\ y=1 \\ z=1 \end{cases} \rightarrow 0,5 \text{ pt}$$

Donc:  $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot r}{\eta}$

• L'expression:  $Re = \frac{Re_{\text{mesurée}}}{Re_{\text{vrai}}}$   $\Delta R$   $\rightarrow$  incertitude absolue.

$$Re_{\text{mesurée}} = \frac{1,1 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2}}{10^{-3}} = 880 \rightarrow 0,5 \text{ pt}$$

$\Delta R = ?$

Nous avons:  $\ln Re = \ln \left( \frac{\rho \cdot v \cdot r}{\eta} \right) = \ln \rho + \ln v + \ln r - \ln \eta$   
la différentielle de  $\ln Re$  nous donne:

$$\frac{dRe}{Re} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dv}{v} + \frac{dr}{r} - \frac{d\eta}{\eta} \rightarrow 0,5 \text{ pt}$$

Alors:  $\frac{\Delta Re}{Re} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta \eta}{\eta} \rightarrow 0,5 \text{ pt}$

Donc:  $\Delta Re = \left( \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta \eta}{\eta} \right) \cdot Re$

$$\Delta Re = \left( \frac{0,02}{1,1} + \frac{0,001}{0,04} + \frac{0,02}{2} + \frac{0,01}{1} \right) \cdot 880 \approx 55,4 \rightarrow 0,5 \text{ pt}$$

**(2)**

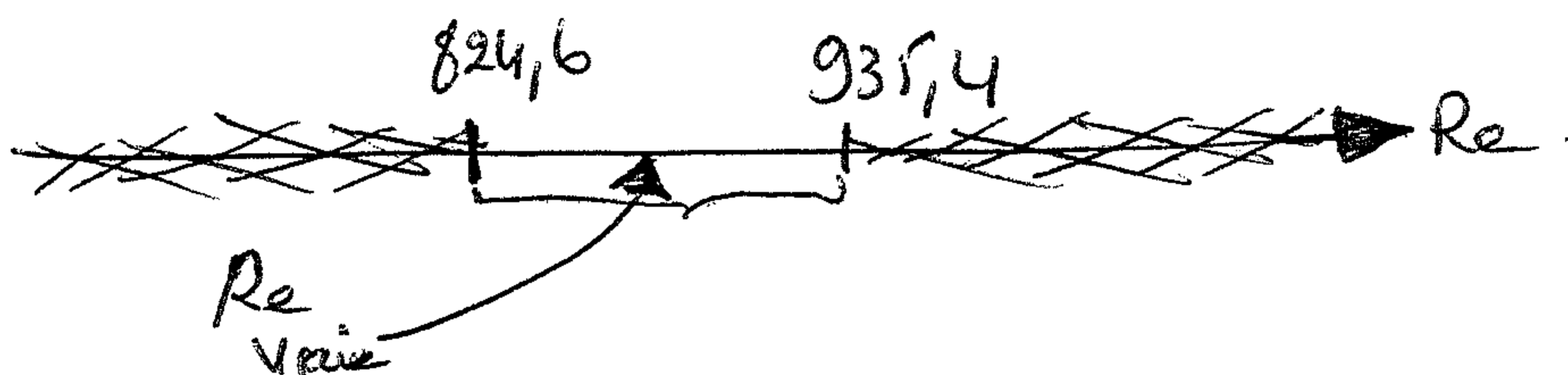
$$Re = 880 \pm 55,4 \text{ Sans unité}$$

• L'intervalle de confiance de mesure de  $(Re) =$

$$Re_{\text{mesuré}} - \Delta R \leq Re_{\text{vrai}} \leq Re_{\text{mesuré}} + \Delta R \longrightarrow \textcircled{0,15 \text{ pt}}$$

$$824,6 \leq Re_{\text{vrai}} \leq 935,4$$

C'est-à-dire que  $Re \in [824,6, \dots, 935,4] \longrightarrow \textcircled{0,15 \text{ pt}}$



\* Réponse de l'exercice ② :

• L'énoncé de la poussée d'Archimède :

« Tout Corps immergé partiellement ou totalement dans un fluide (liquide ou gaz) subit de la part de ce fluide une force dirigée verticalement vers le haut (opposée à son poids). L'intensité de cette force égale au poids du volume du fluide déplacé par le corps immergé ».  $\longrightarrow \textcircled{1 \text{ pt}}$

• Calcul du volume total du tonneau :

$$V_T = V + V' \quad V' = \text{Volume non immergé dans le liquide}$$

$$\longrightarrow \textcircled{0,25 \text{ pt}} \quad V = \text{Volume plongé dans le liquide.}$$

À l'équilibre du tonneau, on a :

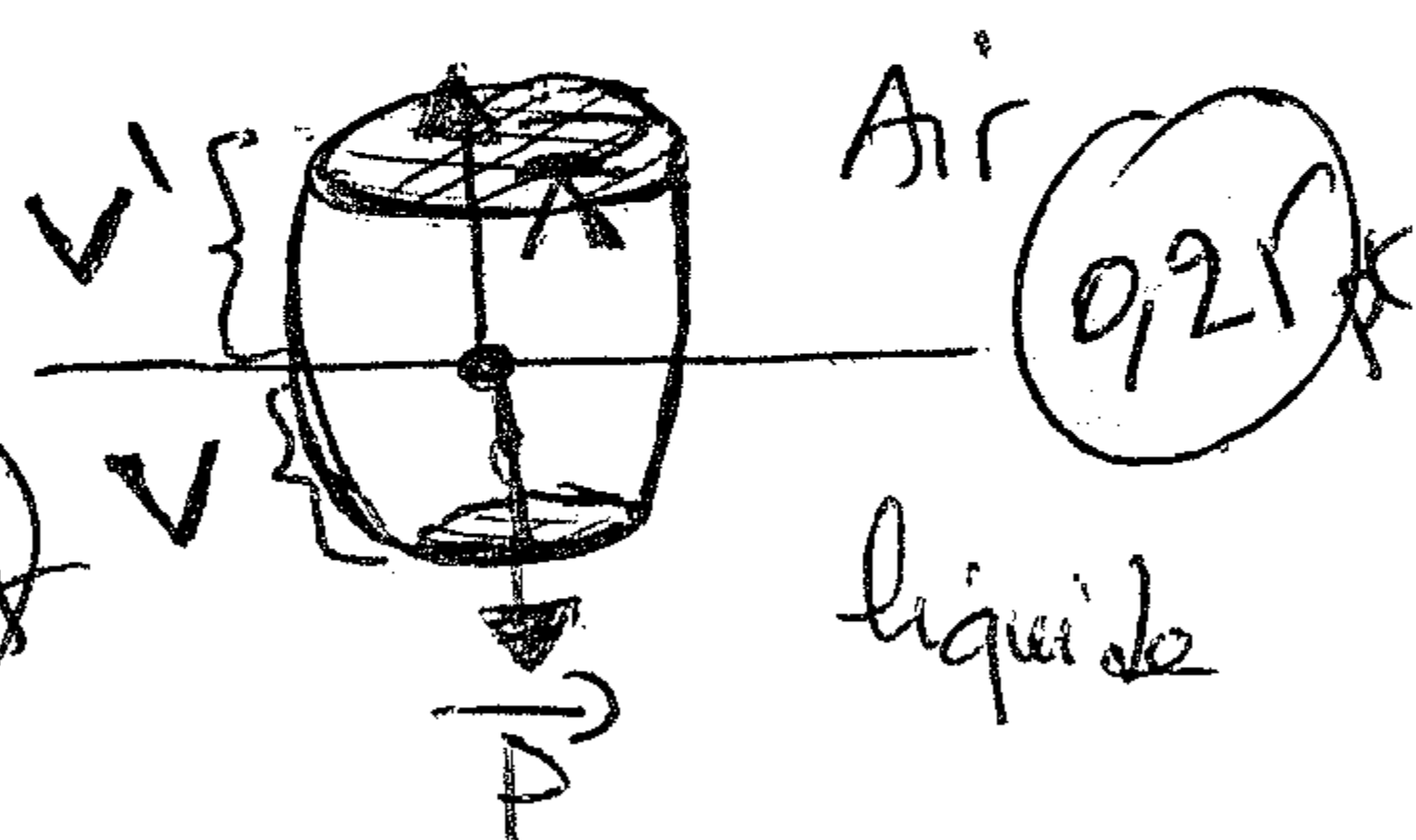
$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{\pi} = \vec{0}$$

Donc  $P = \pi$

$$m \cdot g = m_0 \cdot g$$

( $m_0 =$  masse du liquide déplacé)

③



$$m \cdot g = \rho_{\text{liq}} \cdot V \cdot g$$

$$\Rightarrow V = \frac{m}{\rho_{\text{liq}}} = \frac{50}{10^3} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \rightarrow \text{0,15 pt}$$

On déduit que  $V_T = V + V' = 5 \times 10^{-2} + 450 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$$V_T = 0,5 \text{ m}^3 \rightarrow \text{0,25 pt}$$

• Étude de flottaison du tonneau =

Comparaison de l'intensité du poids ( $p$ ) du tonneau et de la poussée d'Archimède ( $\pi$ ) =

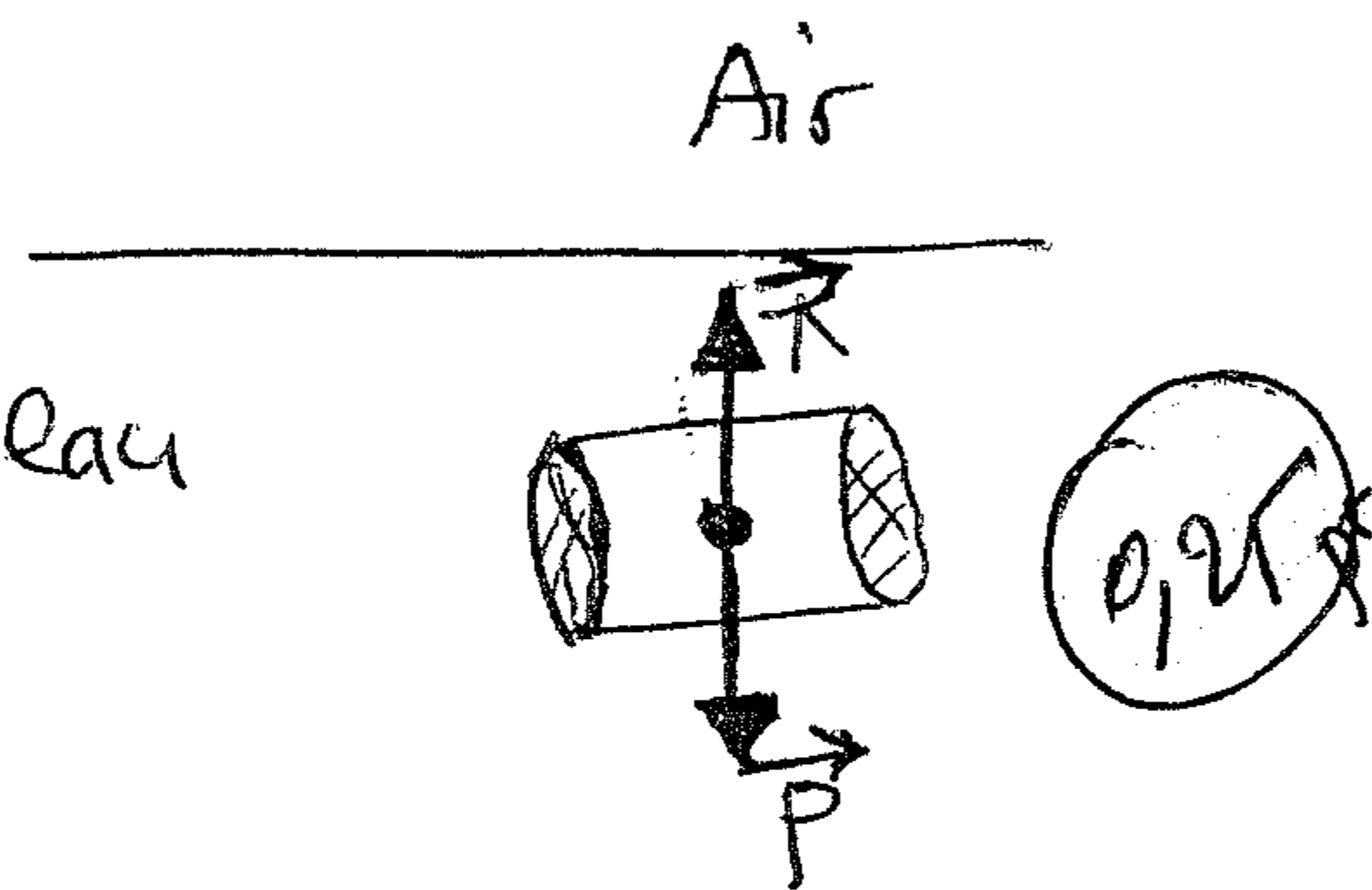
$$p = m \cdot g = (m_{\text{ton}} + m_{\text{liq}}) \cdot g = (m_{\text{ton}} + \rho_{\text{liq}} V_T) \cdot g \rightarrow \text{0,15 pt}$$

$$p = (50 + 9 \times 10^2 \times 0,5) \cdot 10$$

$$p = 5000 \text{ N}$$

$$\pi = m' \cdot g = \rho_{\text{eau}} V_T \cdot g \rightarrow \text{0,15 pt}$$

$$\pi = 10^3 \times 0,5 \times 10 = 5000 \text{ N}$$



Nous remarquons que :  $p = \pi$  (état d'équilibre)  
 Donc, le tonneau est complètement immergé dans l'eau.  
 Il occupe une position fixe dans le liquide. Cette position d'équilibre est différente de celle du fond).  $\rightarrow \text{1 pt}$

\* Réponse de l'exercice ③ :

• Un liquide parfait se caractérise par l'absence (négligence) de forces de frottement ou de viscosité entre ses molécules. Dans ce cas, on suppose que les molécules se déplacent librement les uns par rapport aux autres.

0,5 pt

• Un liquide est incompressible si son volume est constant par rapport aux forces appliquées sur le liquide. Donc, la masse volumique d'un liquide incompressible est constante ( $\rho = \text{constante}$ ). (0,1 pt)

• Calcul du débit - masse ( $Q_m$ ) =

$$Q_m = \rho \cdot Q_v$$

$$Q_m = 10^3 \cdot 120 \times 10^{-3} = 120 \text{ kg/s}$$

• Calcul de vitesses moyennes circulatoires ( $v_A$ ) et ( $v_B$ ) =

$$Q_v = S \cdot v = \text{cte} \Rightarrow S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B = Q_v \quad (0,1 \text{ pt})$$

$$v_A = \frac{Q_v}{S_A} = \frac{120 \times 10^{-3}}{4,5 \times 10^{-2}} = 2,67 \text{ m/s}$$

$$v_B = \frac{Q_v}{S_B} = \frac{120 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-2}} = 6 \text{ m/s}$$

• Calcul de la différence de pression  $\Delta p = p_A - p_B$ .  
Sur la même ligne de courant reliant les points (A) et (B), on applique le théorème de Bernoulli:

$$p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g h_A = p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g h_B \quad (0,1 \text{ pt})$$

$$h_A = h_B \Rightarrow p_A - p_B = \frac{1}{2} \rho (v_B^2 - v_A^2) \quad (0,1 \text{ pt})$$

$$\Delta p = p_A - p_B = 14435 \text{ Pa} \quad (0,1 \text{ pt})$$

$$\Delta p = \frac{14435 \text{ Pa}}{1,013 \times 10^5} \approx 0,142 \text{ atm} \quad (0,2 \text{ pt})$$

$$\Delta p = 144,8 \text{ mbar} \quad (0,2 \text{ pt})$$

• Calcul de la dénivellation ( $\Delta h$ ) =

$$\text{Nous avons: } p_A = p_0 + \rho g h_1 \quad (0,1 \text{ pt})$$

$$p_B = p_0 + \rho g h_2$$

$$\Rightarrow p_A - p_B = \rho g (h_1 - h_2) = \rho g \Delta h$$

$$\text{Donc: } \Delta h = \frac{p_A - p_B}{\rho g} \approx 1,44 \text{ m} \quad (0,1 \text{ pt})$$

