

PCPI – 1 TS CIRA 	Chapitre 2 FLUIDES IMMOBILES (au repos)	PHYSIQUE
---	---	---

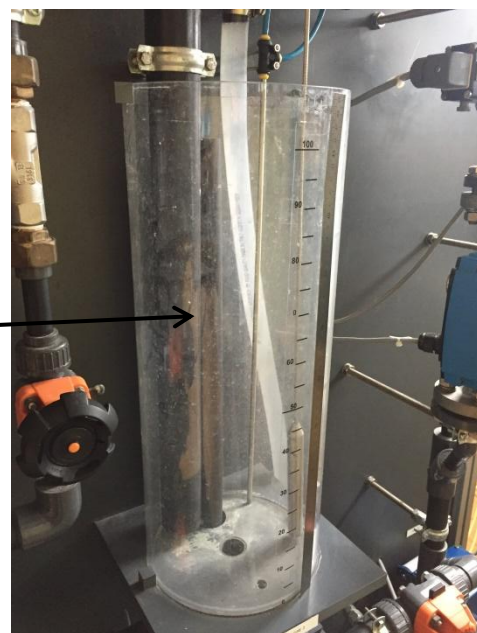
L'instrumentation se réfère très souvent à la relation fondamentale de la statique des fluides pour les mesures de niveau par exemple.

C'est le cas :

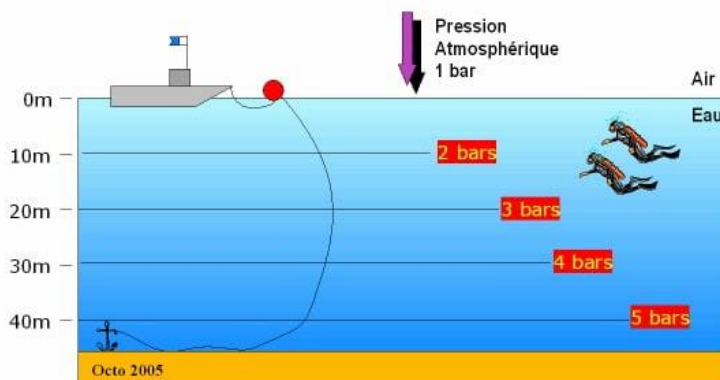
- pour les manomètres à tube en U (ci-dessous), utilisés au labo de CIRA pour l'étalonnage d'un transmetteur
- pour les mesures de niveau, par bullage par exemple (ci-contre)



Bulleur



Il est aussi indispensable pour les plongeurs de connaître cette loi s'ils ne veulent pas se mettre en danger !



CAPACITES EXIGIBLES		▪ Enoncer et appliquer l'équation fondamentale de la statique des fluides (<i>elle ne sera pas démontrée</i>)
	TP 2	▪ Vérification expérimentale de l'équation fondamentale de la statique des fluides
		▪ Théorème de Pascal



Vidéos utiles pour consolider les points suivants :

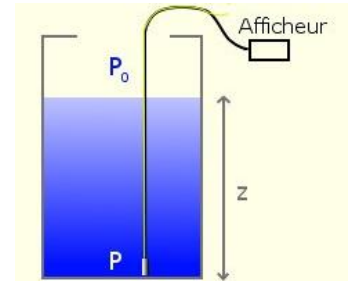
Equation fondamentale de la statique des fluides	https://www.youtube.com/watch?v=Cy-oUNHxVvg (à partir de 13 min 09)	
Théorème de Pascal	https://www.youtube.com/watch?v=VXD0Ebi00AM	

**VALABLE pour TOUS les exercices :**

- Intensité de pesanteur : $g = 10 \text{ N/kg}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- Pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,00 \text{ bar}$

EXERCICE 1 : Pour bien commencer

- 1- Sur le schéma ci-contre, **placer** :
 - un point A situé à la surface du liquide
 - un point B situé au fond du récipient
- 2- **Citer** l'équation fondamentale de la statique des fluides entre les points A et B.
- 3- En **déduire** l'expression de la pression P au point B situé au fond du récipient.
- 4- **Calculer** la pression P dans les conditions suivantes :
 - Masse volumique du fluide : $\rho_{\text{éthanol}} = 790 \text{ kg.m}^{-3}$
 - Différence d'altitude entre les points A et B : $h = 50 \text{ cm}$
 - Pression au point A : $P_A = 1,00 \text{ bar}$

**EXERCICE 2 : Pour être sûr !**

La hauteur d'huile dans une bouteille ouverte est $h = 20 \text{ cm}$.

L'aire de la surface intérieure de la bouteille est $S = 50 \text{ cm}^2$.

- 1- Sachant que la masse volumique de l'huile est $\rho = 0,98 \text{ g.mL}^{-1}$, **calculer** la valeur de la pression au fond de la bouteille ouverte.
- 2- **Calculer** la valeur de la force pressante exercée par l'huile sur la face intérieure de la bouteille.

EXERCICE 3 : Installation de chauffage

Le schéma ci-contre est une représentation simplifiée d'une installation de chauffage, dans laquelle de l'eau circule en circuit fermé.

La partie B est située à une hauteur h_B au-dessus de la partie A.

La partie C est située à une hauteur h_C au-dessous de la partie A.

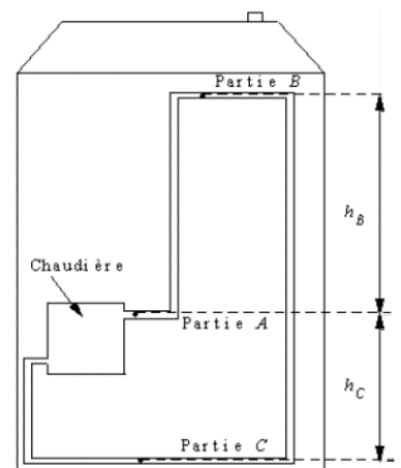
Un manomètre placé en A indique une pression P_A .

On donne :

$$h_B = 5 \text{ m} \qquad h_C = 3 \text{ m} \qquad P_A = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

On suppose que la chaudière est en panne donc l'eau ne circule pas.

- 1- **Ecrire** l'expression de la pression P_B en B et calculer sa valeur.
- 2- **Ecrire** l'expression de la pression P_C en C et calculer sa valeur.

**EXERCICE 4 : Tank à lait**

Un tank à lait (citerne) d'une capacité de 2000 L est assimilé à un cylindre fermé de 1450 mm de diamètre.

La masse volumique du lait est $\rho = 1030 \text{ kg.m}^{-3}$.

- 1- **Faire** un schéma de la cuve à lait en précisant :
 - Le niveau du lait et l'altitude 0 prise comme référence
 - Le point A situé à la surface du lait et le point B situé au fond de la cuve à lait
- 2- La cuve est remplie de lait sur une hauteur de 1200 mm.

Calculer la pression au fond de la cuve, sachant que la pression à la surface libre du lait est $P_A = 95\,000 \text{ Pa}$.
- 3- La vidange de la cuve s'effectue par une vanne papillon de section 30 cm^2 située au même niveau que le point B
 - a- **Indiquer** la pression au niveau de la vanne. Justifier la réponse.
 - b- **Calculer** la valeur de la force pressante exercée par le lait sur la vanne.

EXERCICE 5 : Vinaigrette

Dans un tube à essais, on réalise une vinaigrette, c'est-à-dire une émulsion d'huile et de vinaigre.

Ces 2 liquides ne sont pas miscibles, et après quelques minutes, ils se séparent.

La masse volumique du vinaigre est à peu près égale à celle de l'eau.

La masse volumique de l'huile est $\rho_{\text{huile}} = 920 \text{ kg.m}^{-3}$.

La hauteur de la colonne d'huile est $H_{\text{huile}} = 7 \text{ cm}$.

Celle de la colonne de vinaigre est $H_{\text{vinaigre}} = 5 \text{ cm}$.

- 1- **Faire** un schéma du tube à essais avec le vinaigre et l'huile.
- 2- **Calculer** la pression à la surface de séparation entre le vinaigre et l'huile.
- 3- **Calculer** la pression au fond du tube à essais.

EXERCICE 6 : Indicateur de niveau

Un réservoir contient un mélange de 2 liquides non miscibles :

- Un solvant chloré ($d_1 = 1,6$)
- Une solution acide ($d_2 = 1,2$)

Ce réservoir communique au point M avec un indicateur de niveau par l'intermédiaire d'un robinet R.

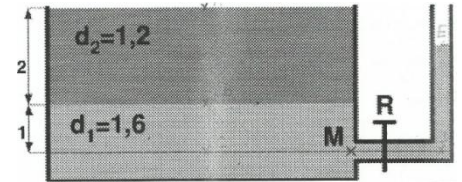
Lors d'un premier remplissage, le robinet était fermé et le tube indicateur vide.

Après décantation du mélange, le solvant chloré se trouve dans la partie inférieure ($h_1 = 35 \text{ cm}$) tandis que l'acide se trouve dans la partie supérieure ($h_2 = 95 \text{ cm}$).

On ouvre le robinet R (quasi au même niveau que le fond du réservoir).

Le solvant chloré monte dans le tube indicateur de niveau et se stabilise.

- 1- **Calculer** la pression notée p_B à l'interface des 2 liquides non miscibles.
- 2- **Calculer** la pression notée p_M au niveau du point M.
- 3- **Calculer** la hauteur dont le solvant chloré est monté dans le tube indicateur.



EXERCICE 7 : Canalisation d'eau de pluie

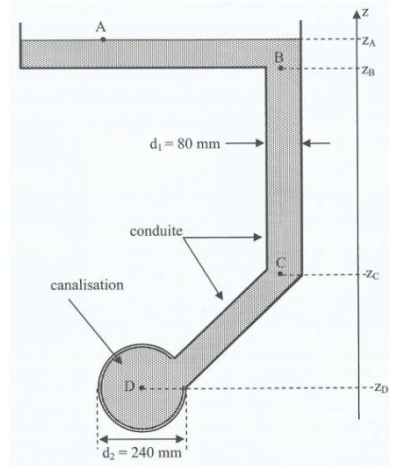
On s'intéresse à la canalisation permettant d'évacuer les eaux de pluie sur la toiture d'une habitation.

Données :

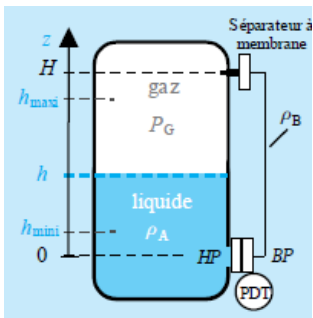
$$Z_A = 10,20 \text{ m} \quad Z_B = 10,00 \text{ m} \quad Z_C = -1,00 \text{ m} \quad Z_D = -2,90 \text{ m}$$

$$\text{Pression au point A : } P_A = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$$

- 1- **Calculer** la pression aux points B et D.
- 2- Une ventouse, de section égale à celle de la conduite, exerce en B une force pressante d'intensité $F = 102 \text{ N}$.
 - a- **Calculer** p' , surpression créée en B par la ventouse.
 - b- **Enoncer** le théorème à utiliser et en déduire la valeur de p'' , surpression créée en D.



EXERCICE 8 : Mesure de pression dans un réservoir sous pression



Pour mesurer le niveau variable h d'interface liquide-gaz dans un réservoir soumis à une pression P_G de gaz variant entre 2 et 5 bar, on installe un capteur de pression différentielle (PDT) (voir figure). Les masses volumiques ρ_A et ρ_B sont constantes.

Données :

$$\rho_A = 800 \text{ kg/m}^3 ; \rho_B = 1100 \text{ kg/m}^3 ; H = 3 \text{ m} ; h_{\text{maxi}} = 2,5 \text{ m} ; h_{\text{mini}} = 0,5 \text{ m}.$$

- 1- **Exprimer** HP , BP puis $\Delta P = HP - BP$ en fonction de h .
- 2- **Calculer** ΔP (Pa) pour h_{maxi} et h_{mini} .
- 3- Quelle pression maximale subit le côté BP ?

EXERCICE 9 : Pot de condensation

Le liquide contenu dans la cuve a une masse volumique de $\rho_L = 1\,500 \text{ kg/m}^3$.

Le réservoir est fermé sous pression de gaz ou de vapeur.

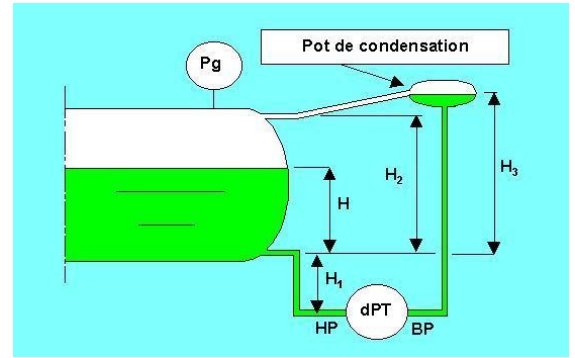
Dans ce cas, une mesure de pression différentielle est nécessaire afin de rendre la mesure indépendante des variations de la pression statique (P_g) du gaz ou de la vapeur situé(e) au-dessus du liquide dans le réservoir.

Prenons l'exemple le plus classique d'un réservoir fermé sous pression P_g de la vapeur du liquide stocké. Cette vapeur se condense dans les prises de pression du capteur car la température extérieure est inférieure à celle de l'intérieur du réservoir.

Comme le gaz est condensable (on dit « humide ») on ajoute un pot de condensation, qui évite que le capteur de pression différentielle ne soit au contact de ce gaz qui pourrait l'endommager.

La colonne de pression sous le pot de condensation est remplie avec le même liquide que celui du réservoir.

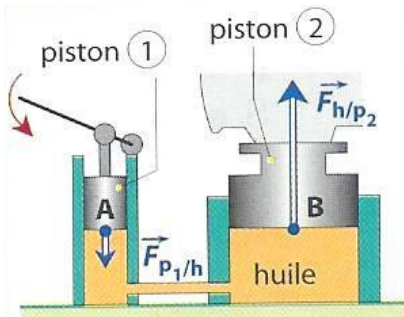
On négligera la différence de pression dans le gaz.



$$H_{\max} = 4,0 \text{ m} \quad H_3 = 5,0 \text{ m} \quad H_1 = 450 \text{ mm} \quad P_g = 1,52 \text{ bars}$$

- 1- **Ecrire** l'expression de la pression vue par le capteur "côté gauche" soit HP.
Calculer HP quand $H=0$ et quand $H = H_{\max}$.
- 2- **Ecrire** l'expression de la pression vue par le capteur "côté droit" soit BP. Calculer BP.
- 3- En **déduire** l'expression littérale de la différence de pression $\Delta P = (HP - BP)$ en fonction de g , de H et de H_3 , ρ_L .
- 4- **Calculer** $\Delta P_{\min}$ lorsque le niveau est minimum c'est-à-dire nul.
- 5- **Calculer** $\Delta P_{\max}$ lorsque le niveau est maximum.

EXERCICE 10 : Cric hydraulique



Un cric est un dispositif qui permet de soulever une charge lourde (piston 2) en actionnant un levier à main.

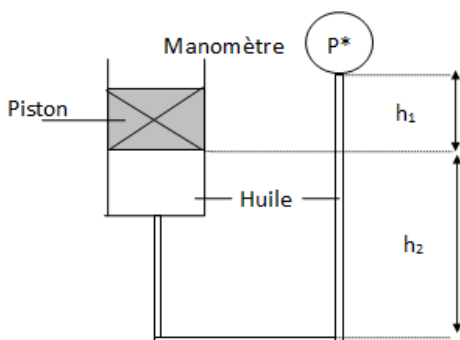
Une force de valeur $F_{p1/h} = 100 \text{ N}$ est exercée sur le piston 1 dont le diamètre est de $8,0 \text{ mm}$.

Le piston 2 a un diamètre de $12,0 \text{ mm}$.

La masse volumique de l'huile est $\rho_{\text{huile}} = 800 \text{ kg.m}^{-3}$.

- 1- **Calculer** la valeur de la pression de l'huile au point A.
- 2- En **déduire** la valeur de la pression au point B. Justifier la réponse.
- 3- En **déduire** la valeur de la force $F_{p2/h}$ et expliquer l'intérêt du dispositif.

EXERCICE 11 : Presse pour étalonner un manomètre



L'huile de masse volumique ρ remplit les divers tubes.

- $P^* = 2,50 \text{ bar}$ au manomètre.
- $h_1 = 50 \text{ cm}$ et $h_2 = 1,00 \text{ m}$
- $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$ $S = 785 \text{ mm}^2$ (section du piston)

- 1- **Donner** l'expression de la pression au point le plus bas en fonction de masse M du piston, S (section du piston), h_2 , ρ et g .
- 2- **Donner** l'expression de cette même pression en fonction de P^* , h_1 , ρ et g .
- 3- De ces 2 expressions, en **déduire** l'expression de P^* .
- 4- **Vérifier** qu'une masse du piston de $20,4 \text{ kg}$ permet d'obtenir une pression effective de $2,50 \text{ bars}$.

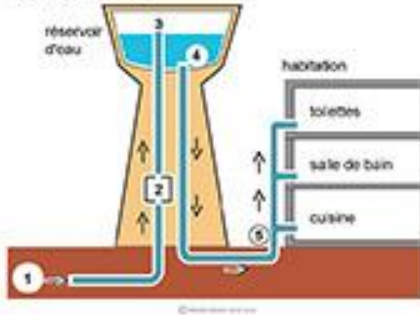


Pour les plus rapides !

EXERCICE 1 : Château d'eau

Un château d'eau est un grand réservoir d'eau surélevé qui permet l'alimentation de la population en eau potable.

Schéma d'un château d'eau



1- En appliquant l'équation fondamentale de la statique des fluides, **calculer** l'altitude du robinet de la cuisine, sachant que la surpression en ce point est de 3,2 bars par rapport au point 3 (surface libre du château d'eau).

2- D'après le schéma, **indiquer** si la pression de l'eau dans les toilettes est supérieure, inférieure ou égale à la pression de l'eau dans la cuisine.

Justifier en utilisant l'équation fondamentale de la statique des fluides.

EXERCICE 2 : Manomètre à tube en U

Un tube en U contient du mercure sur une hauteur de quelques centimètres.

On verse dans l'une des branches de l'alcool qui forme une colonne de liquide de hauteur $h_1 = 30$ cm.

Dans l'autre branche, on verse de l'eau pure jusqu'à ce que les deux surfaces du mercure reviennent dans un même plan horizontal. On mesure alors la hauteur de la colonne d'eau $h_2 = 24$ cm.

1- **Traduire** ce ci par un schéma.

On notera :

- point A : à la surface de séparation entre l'alcool et le mercure
- point B : à la surface libre de l'alcool
- point C : à la surface de séparation entre le mercure et l'eau
- point D : à la surface libre de l'eau
-

2- **Appliquer** l'équation de la statique des fluides afin de calculer la valeur de la pression au point C.

3- En **déduire** la valeur de la pression au point A en justifiant la réponse.

4- En **déduire** la masse volumique de l'alcool.

EXERCICE 3 : Mesure de niveau par bullage

Pour mesurer la pression, on peut utiliser un système à bulle.

Le système comporte :

- Une canne d'injection ;
- Un manomètre mesurant la pression d'air de bullage ;
- Un contrôleur de débit visuel (dit bulleur) ;
- Un régulateur de débit ;

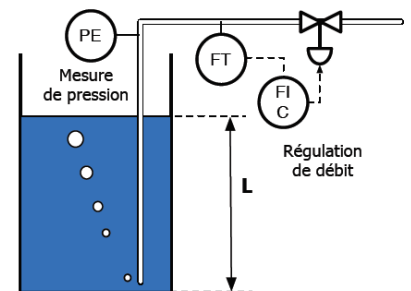
Le régulateur agit de manière à avoir un débit très faible.

On suppose que la pression mesurée est la pression en bout de canne.

P fournit donc une mesure du niveau L.

Dès que la pression dans la canne devient supérieure à la pression au fond du récipient, des bulles apparaissent.

On considère que la pression d'air de bullage mesurée avec le manomètre est égale à la pression au fond de la cuve.



En quoi cette mesure de pression rend-elle compte de la hauteur de liquide dans la cuve ?

EXERCICE 4 : Vases communicants

Deux vases communicants cylindriques A et B ont respectivement $S_A = 90$ cm² et $S_B = 10$ cm² de section. Ils contiennent de l'eau et sont fermés par 2 pistons en contact avec l'eau.

On exerce sur le plus petit piston une force de 200 N.

Calculer la force qu'il faut exercer sur l'autre piston pour qu'il y ait équilibre.

