

Pressions et débits dans les canalisations

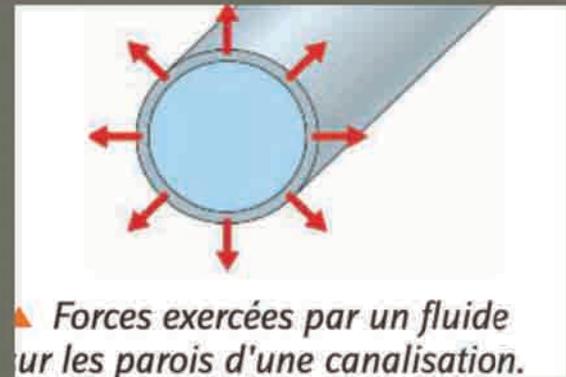
Pression dans un fluide
Débit volumique et massique
Vitesse d'écoulement dans une canalisation
Conservation de la masse

Pression dans un fluide

- Une pression en un point est égale à la valeur de la force pressante par unité de surface :

$$P_{\text{(Pa)}} = F_{\text{(N)}} / S_{\text{(m}^2\text{)}}$$

- La pression s'exerce perpendiculairement à la surface, du fluide vers la paroi.



- Autres unités de pression :



1 bar = 100 000 Pa

1 atmosphère (atm) = 101 325 Pa

1 cm de mercure = 1333 Pa



Pression dans un fluide

- Certains manomètres mesurent la **pression absolue**.

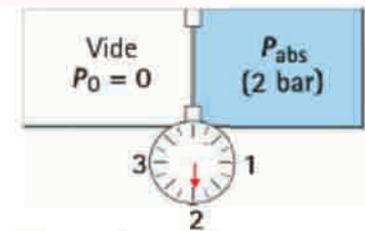
Par exemple, en un point M d'un liquide :

$$P_M = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

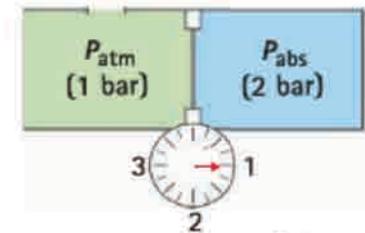
- D'autres mesurent la **pression relative**.
En un point M d'un liquide, ils mesurent :

$$P = P_M - P_{\text{atm}}$$

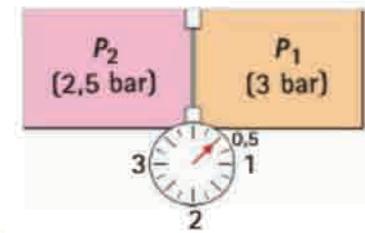
- Enfin certains mesurent une **pression différentielle** (différence entre deux pressions)



▲ Mesure de pression absolue.



▲ Mesure de pression relative.



▲ Mesure de pression différentielle.

Pression dans un fluide

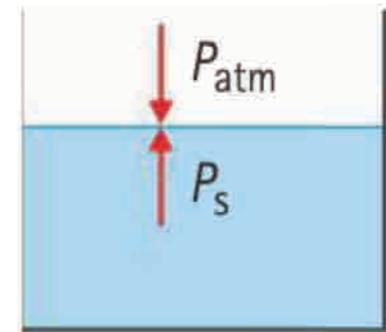
	Pression		
	absolue	relative	différentielle
Baromètre	P_{atm}	Non	Non
Manomètre	Oui	Oui	Non
Capteur de pression	Oui	Oui	Oui

Pression dans un fluide

- Surface libre d'un liquide :

La surface d'un liquide en contact avec l'air s'appelle surface libre.

Sur la surface libre :
 $P_s = P_{atm}$



À la surface libre $P_s = P_{atm}$

Pression dans un fluide

- Principe fondamental de l'hydrostatique :

La différence de pression entre deux points A et B d'un liquide est égale à :

$$p_A - p_B = \rho g h$$

P en Pa ρ en kg.m^{-3} g en N.kg^{-1} h en m

h est la différence de hauteur entre les deux points A et B

Pression dans un fluide

Application 1

Extrait de Wikipédia : Fonctionnement d'un château d'eau

L'eau est acheminée du point d'eau au réservoir. Si l'altitude du point d'eau est inférieure à l'altitude du réservoir, on utilise des pompes pour relever l'eau jusqu'à ce dernier.

L'eau est ensuite envoyée dans un réseau gravitaire qui va assurer son acheminement vers l'ensemble des habitations.

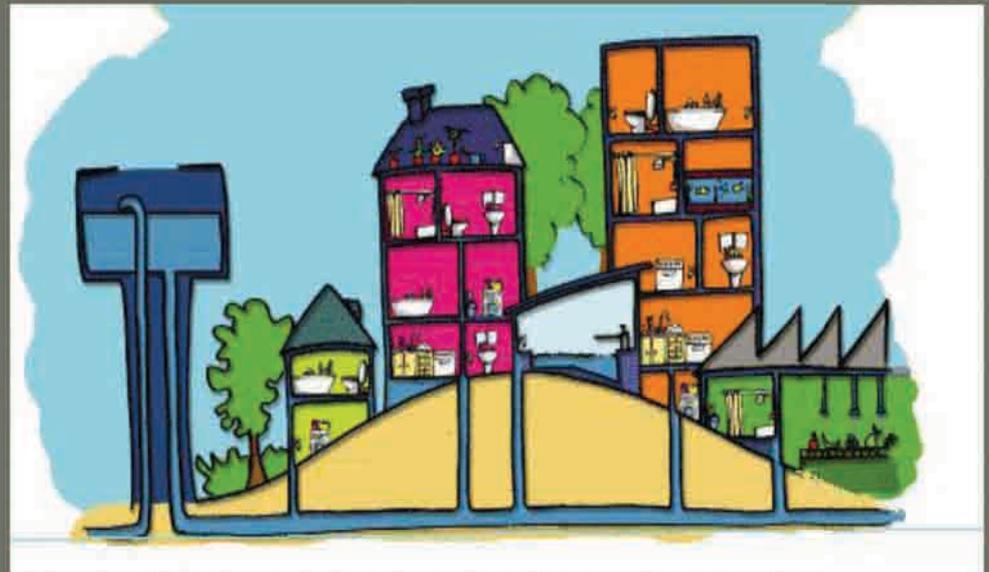
*La pression de l'eau qui est fournie au robinet des abonnés est **proportionnelle** au dénivelé qui existe entre le niveau d'eau dans le château d'eau et l'habitation : 10 mètres de dénivelé équivalent à 1 bar de pression, 20 mètres à 2 bars de pression, etc. Les plus grands châteaux d'eau peuvent contenir plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes d'eau.*

Vérifions les chiffres annoncés dans wikipédia : déterminer la hauteur d'eau nécessaire pour avoir une pression relative de 1 bar ?
La forme du château d'eau a-t-elle une influence sur la pression ?

Pression dans un fluide

Application 2

Sur l'image ci-dessous, toutes les habitations pourront-elles être alimentées en eau potable ?



Animation :

<http://www.espace-sciences.org/explorer/animations-en-ligne/le-chateau-d-eau>

Pression dans un fluide

Application 3

- Questions posées sur un forum :

<http://www.linternaute.com/bricolage/forum/affich-10632-calculer-la-pression-d-eau-a-la-sortie-du-robinet>

Bonjour, j'ai un problème, je construis une maison à Bali et il n'y a pas d'eau courante. Je dois installer une citerne et une pompe pour avoir de la pression d'eau. La citerne se trouve à 3 mètres de hauteur et contient 300 l. Savez vous comment je dois calculer pour savoir la pression à la sortie. Toutes les machines (lave vaisselle, lave linge, chauffe eau direct ont besoin de 1 bar de pression.) est-ce que en augmentant la hauteur ou la masse d'eau j'obtiens plus de pression je pense que oui mais y-a-t-il un calcul pour cela ? Merci beaucoup pour vos réponses.

Renaud

Pouvez- vous répondre à Renaud ?

Pression dans un fluide

Application 3

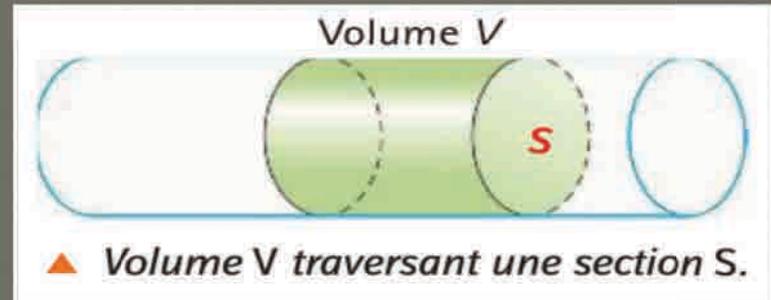
Réponse de : Anonyme 8 jan 2011 à 02:37 :

Salut Renaud, je suis nouveau venu dans le club et je m'étonne que personne n'ait encore répondu à une question si élémentaire. En effet c'est un problème si l'eau courante n'est pas installée. Tout d'abord ça n'a pas d'importance que ta citerne soit une 3 l, ou 300 l, ou même 8765 l. Sans trop de formules tout le monde peut calculer la pression que tu obtiendras. Cette pression ne dépend que de la différence de hauteur entre la citerne et le point d'utilisation d'eau. Formule simple mais réelle : tu divises la hauteur en mètres par 10 et tu obtiens ta pression en bar. Donc, dans ton cas $3 / 10 = 0,3$ bar. Ce sera ta pression maximale. En réalité les robinets se montent généralement à environ 1 m du sol, donc dans ton cas tu n'auras que 0,2 bar ! ... PS : le fait de diviser par 10 dans la formule est valable uniquement si le liquide est de l'eau. Pour la hauteur, mesurer au point de niveau supérieur du liquide dans la citerne. Bonne continuation, salutations.

Etes-vous d'accord avec « Anonyme » ? Pourquoi le fait de diviser par 10 n'est valable que si le liquide est de l'eau ?

Débit volumique et massique

- Lors d'un écoulement, pendant une durée t , le volume V de masse m traverse une section droite S d'un tuyau.



- Le débit volumique correspond à :

$$D_v = \frac{V}{t}$$

D_v : débit volumique du liquide en mètres cubes par seconde ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
 V : volume de liquide en mètres cubes (m^3)
 t : durée de l'écoulement en secondes (s)

- Le débit massique correspond à :

$$D_m = \frac{m}{t}$$

D_m : débit massique moyen du liquide en kilogrammes par seconde ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)
 m : masse de liquide en kilogrammes (kg)
 t : durée de l'écoulement en secondes (s)

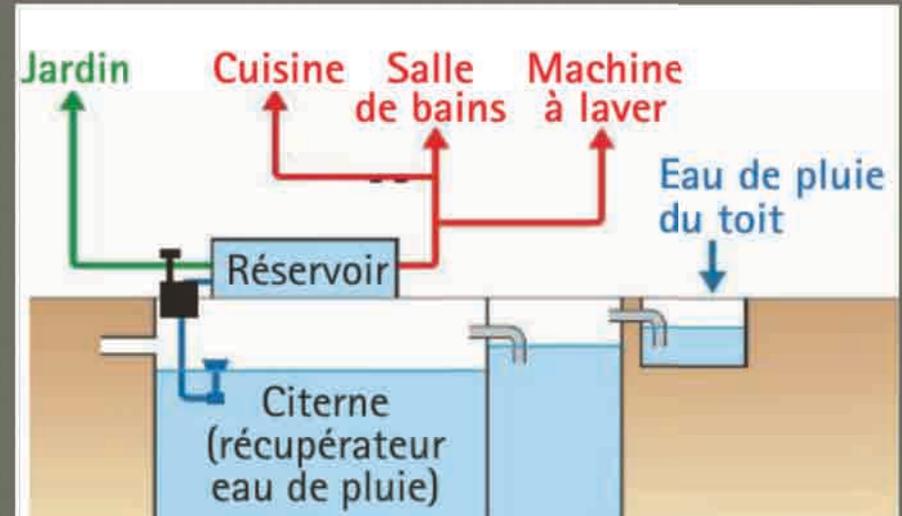
Débit volumique et massique

- ⊙ Les débits se notent également q_v et q_m .
- ⊙ On s'intéresse uniquement au écoulement stationnaire (*la vitesse du fluide en différents points de la canalisation n'évolue pas en fonction du temps*)
- ⊙ La mesure du débit se fait à l'aide d'un débitmètre volumique ou massique. (voir page 28-29 du manuel hachette)

Débit volumique et massique

- Conservation des débits :

Exprimer le débit sortant de la citerne en fonction des autres débits :



$$D_{m\text{citerne}} = D_{m\text{jardin}} + D_{m\text{cuisine}} + D_{m\text{salle de bains}} + \dots$$

$$D_{v\text{citerne}} = D_{v\text{jardin}} + D_{v\text{cuisine}} + D_{v\text{salle de bains}} + \dots$$

Vitesse d'écoulement dans une canalisation

● Activité 1 : Débit et section

EXTRAIT DU SITE <http://www.digitec-energies.com/plomberie.php>

- En général la vitesse v n'est pas constante sur la section S d'une canalisation; on dit qu'il existe un profil de vitesse (à cause des forces de frottement).
- Dans une section droite S de la canalisation, on appelle vitesse moyenne v la vitesse telle que :

$$v = \frac{D_v}{S}$$

D_v : débit volumique du liquide en mètres cubes par seconde ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

S : section de la canalisation en mètres carrés (m^2)

v : vitesse moyenne du liquide en mètres par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Vitesse d'écoulement dans une canalisation

Activité 2 : canalisation en cuivre

Sur la documentation technique suivante les colonnes du tableau donnant la vitesse d'écoulement en m/s et le débit maximal en m³/h ont été effacées. Après avoir lu cette documentation compléter le tableau.

LES FICHES TECHNIQUES DU CENTRE DU CUIVRE

Les vitesses d'écoulement dans les canalisations en cuivre

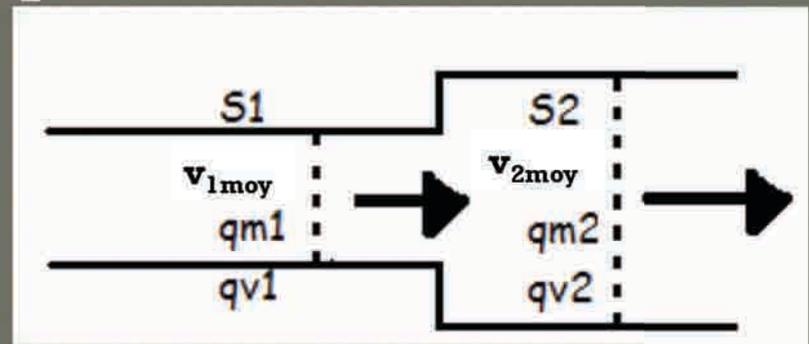
Conservation de la masse

La loi de conservation de la matière lors d'un écoulement de fluide impose que :

- Pendant le temps Δt il rentre dans cette partie de la conduite une masse Δm , il faut que la même masse en sorte pendant le même temps :

$$q_{m1} = q_{m2} = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$$q_m = \rho_1 \cdot q_{v1} = \rho_2 \cdot q_{v2} = \text{Cte}$$



- Si l'écoulement est isovolume (fluide incompressible):

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$q_v = q_{v1} = q_{v2} = \text{Cte}$$

Conservation de la masse

la vitesse moyenne est inversement proportionnelle à l'aire de la section droite.

$$q_v = v_{1\text{moy}} \cdot S_1 = v_{2\text{moy}} \cdot S_2 = \text{Cte}$$

- La vitesse moyenne est d'autant plus grande que la section est faible :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

Exercices

Un château d'eau permet de stocker de l'eau jusqu'à une hauteur de 40 m par rapport au sol. Au sommet du château d'eau, la surface libre est en contact avec l'air à la pression atmosphérique.

- 1.** Que vaut la pression absolue de l'eau au niveau de la surface libre ?
- 2.** Que vaut la pression absolue de l'eau au niveau du sol ?
- 3.** En déduire la valeur de la pression relative de l'eau au niveau du sol.

Données : $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $P_{\text{atm}} = 1,000 \text{ bar}$; $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Exercices

- 1.** Avec quel appareil peut-on mesurer un débit volumique ?
- 2.** Le débit volumique sortant d'un robinet est $10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. Quelle est sa valeur en $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$?
- 3.** Ce robinet est alimenté par un tuyau de diamètre intérieur $d = 12 \text{ mm}$. Que vaut la vitesse moyenne d'écoulement dans ce tuyau ?

Exercices

Un tuyau d'arrosage de diamètre intérieur $d = 25 \text{ mm}$ laisse sortir l'eau à une vitesse moyenne $v = 0,42 \text{ m.s}^{-1}$.

1. Calculer le débit volumique de cet écoulement. Ce débit reste constant pour la suite de l'exercice.
2. On désire remplir un arrosoir d'une contenance de 5 L. Combien de temps prendra l'opération?
3. L'extrémité du tuyau est partiellement obturée, la section de l'écoulement est réduite à 1 cm^2 . Calculer la nouvelle vitesse moyenne à laquelle sort l'eau.

Problème

Pourquoi, en coulant en régime laminaire vers le bas d'un robinet, un filet d'eau prend t-il une forme conique ?



Compétences

- Mesurer des pressions : ex 1 p 32
- Citer et exploiter le principe fondamental de l'hydrostatique : ex 2 p 32
- Expliciter la notion de vitesse moyenne d'écoulement dans une canalisation : ex 3 p 32
- Mesurer des débits : ex 5 et 6 p 32
- Citer et appliquer la loi de conservation de la masse : ex 12 p 34 **hors question 2**