MECANIQUE
Unité spécifique M5
FLUIDES EN MOUVEMENT

CORRIGÉ DES ACTIVITES EXPERIMENTALES

Activité 1 : Mesurer un débit volumique

Matériel :
- un récipient en matière plastique transparente muni d'un robinet à sa base ;
- une éprouvette graduée 500 mL ;
- un chronomètre ;
- une règle graduée.

Diamètre intérieur du récipient : D = 7,2 cm

Aire *S* de sa section droite : S = 41 cm^3

Tableau de mesures :

Volume d'eau écoulé	Durée de l'écoulement	Baisse de niveau	Débit volumique	Vitesse moyenne d'écoulement	
V (cm^3)	t (s)	h (cm)	$Q = \frac{V}{t}$ (cm^3/s)	$v = \frac{h}{t}$ (cm/s)	v.S
123	4,4	3	30	0,7	28,7
205	7,3	5	28,1	0,7	28,7
287	10	7	28,7	0,7	28,7

Le débit volumique est égal au produit de la vitesse d'écoulement du liquide par la section droite du récipient : $Q = v.S$

Activité 2 : Mettre en évidence l'effet Venturi

Les expériences mettent en évidence quelques conséquences du théorème de Bernoulli : à la même altitude, la pression d'un fluide diminue quand sa vitesse augmente, c'est l'effet Venturi.

Expérience 1

Matériel :
2 feuilles de papier

Lorsqu'on souffle entre les deux feuilles de papier, l'air à l'intérieur se met en mouvement : sa vitesse est alors supérieure à la vitesse de l'air à l'extérieur des deux feuilles ; la pression de l'air est alors plus faible à l'intérieur qu'à l'extérieur c'est pour cela que les feuilles se rapprochent car elles sont poussées l'une vers l'autre par la pression extérieure.

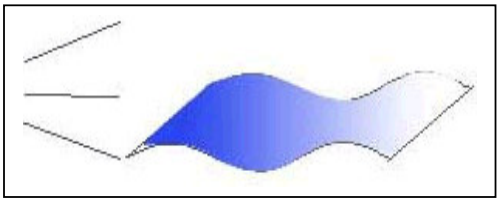
Application : l'effet de sol

En sport automobile, l'effet de sol est utilisé pour aspirer une voiture vers la route, pour lui donner une plus grande adhérence en virage. Le fond plat, entouré de jupes, piège l'air qui passe sous la voiture provoquant un phénomène de Venturi qui génère une dépression plaquant la voiture au sol.

Expérience 2

Matériel :
1 feuille de papier

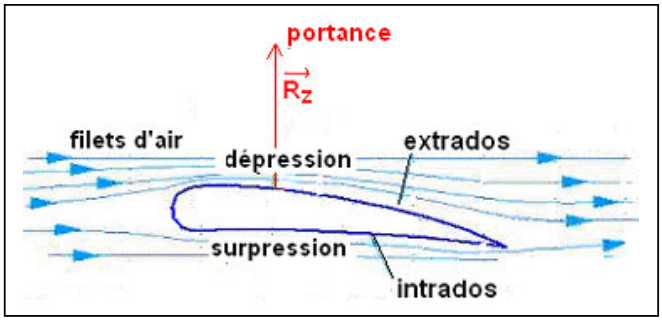
Lorsqu'on souffle sur une feuille de papier, celle-ce se relève . En effet, la vitesse de l'air au-dessus de la feuille étant supérieure à celle au-dessous de la feuille, la pression en dessous de la feuille est supérieure à celle au-dessus : une force verticale dirigée vers le haut, s'oppose au poids de la feuille.



Applications : la portance des avions, l'aileron d'une voiture de compétition …

La portance des avions

On remarque que le dessus d'une aile d'avion est bombée alors que le dessous est plat. Donc l'air qui circule au-dessus de l'aile doit parcourir plus de distance que celui qui est au-dessous (ligne droite) : l'air du dessus se déplace plus vite que celui du dessous. Il en résulte une dépression sur l'extrados et une surpression sur l'intrados. La différence de pression extrados-intrados donne alors une force appelée portance qui aspire l'aile et donc l'avion vers le haut. La portance est proportionnelle à la vitesse.



Pour augmenter la portance on augmente l'inclinaison de l'aile.

Cependant, au delà d'un certain angle d'inclinaison, l'air au-dessus ne suit plus le profil de l'aile et la dépression de l'extrados diminue. C'est ce qu'on appelle le décrochage entraînant la chute de l'avion.

L'aileron d'une automobile
De par sa forme, l'aileron qui est monté sur les voitures de compétition fonctionne un peu comme une aile d'avion inversé. Il permet de réduire la portance et d'augmenter la charge sur les roues motrices donc de gagner une meilleure adhérence.

Expérience 3

Matériel :
- un entonnoir ;
- une balle de ping-pong.

En soufflant dans l'entonnoir, l'air à l'intérieur du tube se met en mouvement et acquiert une vitesse plus importante que celle de l'air extérieur : la pression sur la balle est donc plus faible qu'au dessous de la balle. Cette différence de pression entre l'air sous la balle et l'air sur la balle permet de maintenir la balle dans le creux de l'entonnoir.

Expérience 4

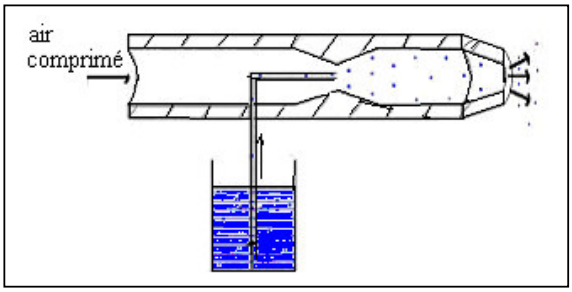
Matériel :
- 2 tubes en plastique de stylo ;
- un verre rempli d'eau.

Lorsqu'on souffle dans le tuyau horizontal ①, l'air est alors animé d'une vitesse assez grande et la pression qui y règne d'après Bernoulli est plus faible que la pression atmosphérique qui règne dans le tube ② au dessus du liquide. Cette dépression fait monter le liquide .

Lorsqu'il parvient dans le tube horizontal, le liquide est entraîné par l'air et la forme de l'extrémité du tube horizontal le pulvérise en gouttelettes fines.

Applications : le pistolet à air comprimé ; le vaporisateur ; la ventouse à dépression ; le carburateur …

Le pistolet à air comprimé
L'air comprimé qui traverse le cylindre crée une dépression au "col".
Cette dépression est maximale juste à cet endroit.
Le petit tube relie cette dépression au pot de peinture.
La peinture est alors aspirée, puis vaporisée par l'air comprimé.

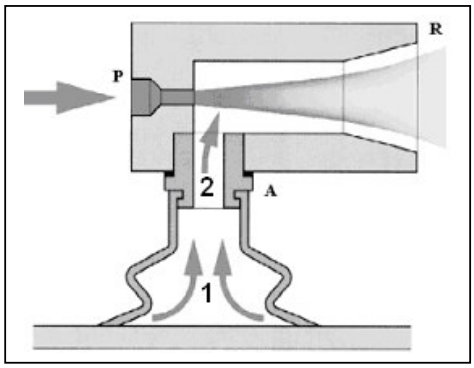


Le vaporisateur
Lorsqu'on appuie sur la poire d'un vaporisateur, l'air expulsé du tube horizontal crée une dépression qui fait monter le liquide qui est alors pulvérisé.

La ventouse de manutention

Le passage de l'air dans le rétrécissement augmente la vitesse de l'air et diminue sa pression ($p_2 < p_1$). Il se crée alors une dépression qui permet d'aspirer l'air de la ventouse.

La ventouse de manutention est utilisée dans l'industrie pour déplacer, poser, retourner, empiler des pièces.

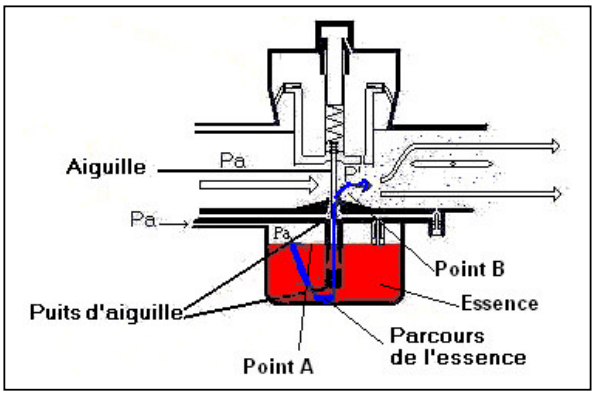


Le carburateur

L'effet Venturi s'applique aux carburateurs pour la préparation du mélange air-essence.

L'air arrive, en amont, du boîtier de filtre à air qui est directement branché sur le carburateur. A l'autre extrémité le mouvement du piston provoque un phénomène d'aspiration. L'air passe donc dans le conduit central du carburateur appelé venturi.

Le venturi du carburateur est un cylindre dont le diamètre diminue en son centre ce qui a pour effet d'accélérer le passage de l'air à l'endroit le plus étroit.



L'essence à la surface de la cuve (point A) est à la pression atmosphérique (Pa), alors que dans le puits d'aiguille on a une pression P' < Pa (point B) ce qui met en mouvement l'essence de A vers B, l'essence est aspirée puis vaporisée. Le dioxygène est alors chargé en essence et le mélange se dirige vers la chambre de combustion afin d'y être brûlé.

Activité 3 : Mettre en évidence la viscosité des liquides

Matériel
- huile moteur d'indices 15W40 ;
- un thermomètre ;
- une éprouvette 25 mL ;
- une balance électronique ;
- un pied à coulisse ;
- un tube de verre assez long ou une burette fixé sur un pied ;
- une bille d'acier de diamètre adapté au tube de verre ;
- une règle graduée ;
- un chronomètre.

Expérience 1 : Classer des huiles selon leurs viscosités

Les billes n'arrivent pas en même temps au fond des tubes, car les huiles ont des viscosités différentes.
L'huile plus visqueuse est contenue dans le tube où la chute de la bille est la plus lente ;
l'huile la moins visqueuse est contenue dans le tube où la chute de la bille est la plus rapide.

Expérience 2 : Déterminer la viscosité d'une huile moteur

a) Température de l'huile : $\theta = 20{,}4$ °C.

b) Détermination de la masse volumique de l'huile moteur

Masse de 25 mL d'huile : $m_h = 22{,}32$ g

Masse volumique $\rho_h = \frac{m_h}{V}$ exprimée en kg /m^3 : $\rho_h = \frac{0{,}02232}{25\times10^{-6}} = 892{,}80$ kg/m^3.

c) Mesure du diamètre de la bille d'acier

Diamètre de la bille d'acier : $d = 6{,}3$ mm = 0,0063 m.

d) Détermination de la vitesse limite de chute de la bille

Durée de la chute de la bille entre les deux repères distants de L = 40 cm : t = 5 s.

Vitesse de la bille : $v = \frac{L}{T} = \frac{0{,}4}{5} = 0{,}08$ m/s.

e) Calcul de la viscosité dynamique de l'huile moteur

Viscosité dynamique de l'huile moteur :

$$\eta = \frac{(\rho_b - \rho_h).d^2.g}{28\ v} = \frac{(7790 - 892{,}8)\times 0{,}0063^2 \times 9{,}8}{28\times 0{,}08} = \approx 1{,}2 \text{ Pa.s}.$$

f) Calcul de la viscosité cinématique

Viscosité cinématique de l'huile moteur : $\nu = \frac{\eta}{\rho_h} = \frac{1{,}2}{892{,}8} = 1{,}34 \times 10^{-3}$ m²/s

Application : indices d'une huile

1. Viscosité cinématique exprimée en m^2/s : à 40 °C : 112×10^{-6} m²/s ; à 100 °C : $14{,}3 \times 10^{-6}$ m²/s.
2. Dans l'expérience, à la température $\theta = 20{,}4$ °C on a trouvé : $\nu = 1{,}34 \times 10^{-3}$ m²/s = $1\,340 \times 10^{-6}$ m²/s
La viscosité cinématique de l'huile moteur à la température de 20,4 °C est supérieure à celle donnée aux températures de 40 °C et 100 °C.
3. La viscosité d'une huile diminue lorsque la température augmente.

Activité 4 : Mesurer la vitesse d'écoulement de l'air d'un sèche-cheveux

Matériel :
- un sèche cheveux ;
- un tube de Pitot ;
- une règle graduée.

Diamètre du tube à la sortie : $D = 0{,}05$ m.
Aire de la section droite : $S = \pi R^2 = \pi \times 0{,}025^2 \approx 2 \times 10^{-3}$ m².
Dénivellation : $h = 12$ mm $= 0{,}012$ m.

Vitesse de l'écoulement de l'air :

$$v = \sqrt{\frac{2.\rho_{eau}.g.h}{\rho_{air}}} = \quad \approx 14 \text{ m/s}$$

Débit d'air du sèche-cheveux : $Q = S.v = 2 \times 10^{-3} \times 14 = 0{,}028$ m³/s.

Activité 5 : Mettre en évidence la variation de pression statique lors de l'écoulement d'un liquide

Matériel :
- un jeu de 2 éléments en verre formés chacun d'un tube d'écoulement et de 4 tubes manométriques verticaux ; un des éléments présente une réduction de diamètre pour l'étude des charges locales ;
- des tuyaux flexibles adaptés au robinet de la classe et au tube d'écoulement.

Expérience 1 : Etudier les pertes de charge linéaires (ou régulières)
Les hauteurs d'eau h dans chaque tube aux points A, B, C et D diminuent régulièrement tout au long du tube d'écoulement.
Les pressions sont telles que $p_A > p_B > p_C > p_D$: elles diminuent régulièrement.

Les pertes de charge linéaires représentent les pertes de pression dues aux frottements du liquide plus ou moins visqueux dans une conduite de section constante.

Expérience 2 : Etudier les pertes de charge locales (ou singulières)
Les hauteurs d'eau h dans le tube C à chuter : l'étranglement produit une forte chute de pression.
La diminution des pressions p_A , p_B , p_C et p_D n'est plus régulière, la pression p_C a chutée après le rétrécissement du tube d'écoulement.

Les pertes de charges locales sont des pertes de pression provoquées par le passage du fluide dans des obstacles comme des vannes, des raccords, des coudes, des réductions de diamètre …