

APPLICATIONS DIRECTES

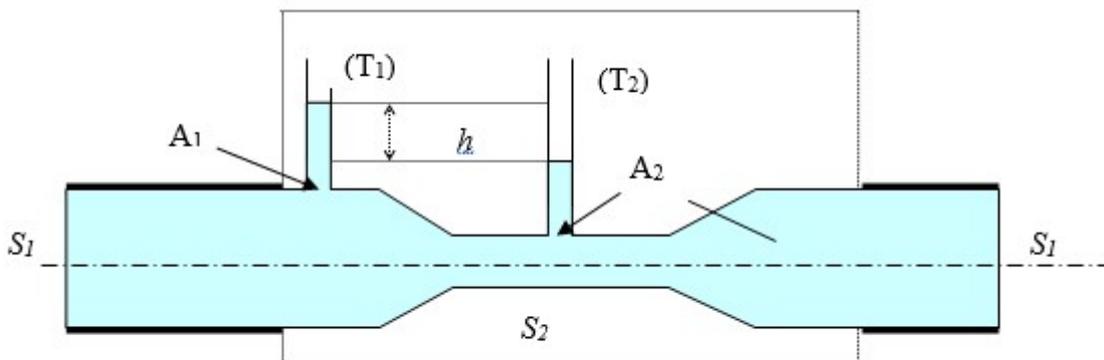
1. Aération d'un terrier

Dans les prairies Nord-Américaines, les chiens de prairie construisent deux types d'entrées dans leurs terriers : l'une haute en forme de cratère, l'autre basse en forme de dôme. Expliquer pourquoi ce système permet l'aération du terrier.

2. Débitmètre

On insère dans une canalisation de section S_1 un tube dit « de Venturi » de section S_2 . Le fluide s'écoulant en régime permanent dans la canalisation est de l'eau. On considère que les vitesses sont uniformes dans chaque section droite du tube.

L'axe de la canalisation est horizontal et deux tubes verticaux (T_1) et (T_2) jouent le rôle de capteurs de pression. On observe une dénivellation de hauteur h entre les surfaces libres de l'eau des tubes (T_1) et (T_2) ouverts à l'air.



Tube de Venturi

On note P_0 la pression atmosphérique, P_1 la pression et v_1 la vitesse de l'écoulement en amont du tube de Venturi. A_1 est un point à la base du tube (T_1) et A_2 est un point à la base du tube (T_2).

Les vitesses d'écoulement du fluide sont notées v_2 dans le tube de section S_2 et v_3 en aval du tube de Venturi.

1. Énoncer la relation de Bernoulli sur l'axe de la conduite.
2. Exprimer toutes les vitesses en fonction du débit volumique D_v .
3. Montrer que le champ des pressions dans un écoulement liquide parfait uniforme et stationnaire est le même que le champ statique.
3. En déduire une relation entre P_1 , P_2 et h .
4. Exprimer le débit volumique D_v en fonction de g , h , S_1 et S_2 .
5. Application numérique, calculer D_v : $S_1 = 50 \text{ cm}^2$; $S_2 = 30 \text{ cm}^2$; $h = 1,25 \text{ m}$.
6. Quel est l'intérêt pratique d'un tel dispositif ?

3. Tube de Pitot

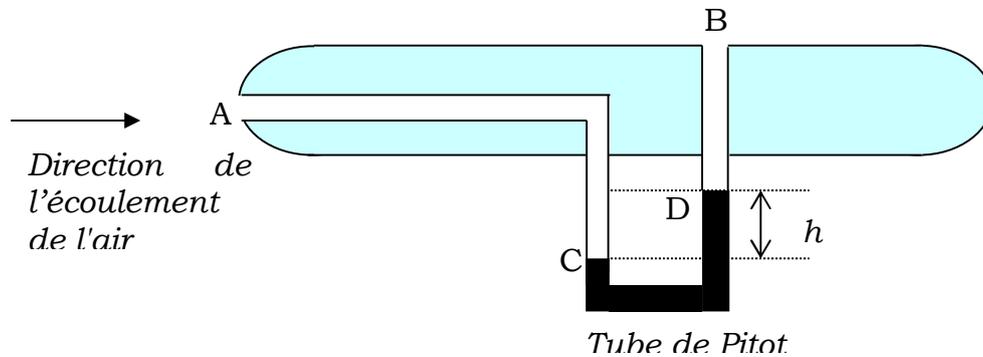
Les tubes de Pitot sont utilisés en aéronautique pour mesurer la vitesse d'un avion. Ils sont constitués d'un tube très fin placé parallèlement à la direction de l'écoulement de l'air. Les orifices A et B permettent des prises de pressions.

On considère que l'air est un fluide parfait, incompressible et en écoulement stationnaire, et que le dispositif ne perturbe pas l'écoulement.

La masse volumique, la vitesse et la pression de l'air loin du tube sont notées respectivement ρ_0 , v_0 et P_0 .

1. Représenter l'allure de la ligne de courant C_A qui aboutit en A et l'allure de C_B qui longe le tube en B.

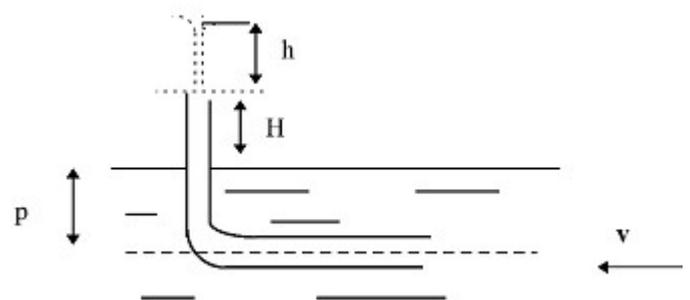
2. Quelle est la valeur de v_A en A ? Quel est le nom donné au point A ?
3. Exprimer v_B en B en fonction de v_0 .
4. Exprimer P_A en fonction de P_0 et v_0 .
5. Exprimer P_B en fonction de P_0 .
6. Dans le manomètre, on mesure une dénivellation h entre les deux niveaux de liquide de masse volumique ρ_l . En déduire $P_A - P_B$.
7. Calculer la vitesse d'écoulement v_0 de l'air. A.N. : $h = 24 \text{ cm}$. ; $\rho_l = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



4. Jet d'eau :

On considère une particule fluide d'eau en mouvement rectiligne uniforme à la profondeur p de la surface.

1. Déterminer la pression en p .
La partie horizontale du tube représenté sur la figure est immergée à la profondeur p dans un courant d'eau parfait, uniforme et horizontal de vitesse v . Sa partie verticale émerge d'une hauteur H et est percée d'un orifice par lequel peut sortir un jet d'eau.
2. En précisant les hypothèses adoptées, calculer la hauteur h à laquelle le jet, dans les conditions où celui-ci existe, monte au-dessus du tube.



5. Puissance disponible sur une turbine :

Une turbine est installée à la sortie d'une conduite forcée de section 10^{-2} m^2 , constante, de 30m de dénivellation sur un cours d'eau dont le débit est de $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Quelle puissance maximale peut-on récupérer sur cette turbine ?

6. Travail du cœur

1. Un patient normal au repos possède un débit cardiaque sanguin $Dv = 5,4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ et une fréquence cardiaque $f = 70$ battements par minute. Quel est le volume V d'éjection de sang à chaque battement du cœur ?

Le sang oxygéné est envoyé depuis le cœur vers les organes par l'intermédiaire de l'aorte avec une pression $P_1 = 13 \text{ kPa}$ et le retour veineux vers le cœur du sang désoxygéné se fait à la pression $P_2 = 2,6 \text{ kPa}$.

2. Calculer, en explicitant le raisonnement, le travail mécanique fourni au sang par le cœur pour un battement.
3. En déduire le travail total du cœur au cours d'une journée sachant que le rendement mécanique de cet organe est de 60 %. Commenter sachant que l'énergie moyenne consommée quotidiennement par un individu est d'environ 9 000 kJ.

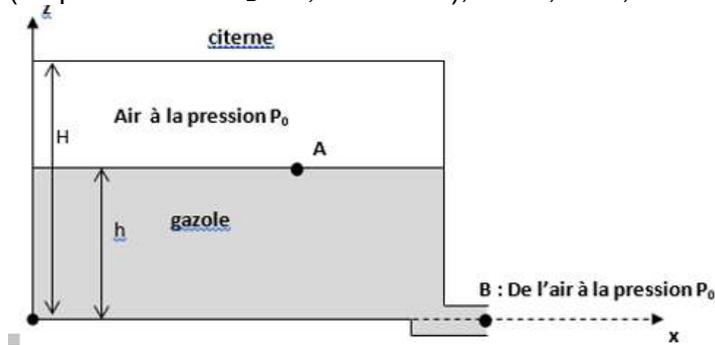
EXERCICES

I. Effet Venturi

1. Quelle relation a-t-on entre la vitesse initiale v_1 d'un écoulement horizontal d'eau liquide et la vitesse v_2 dans l'étranglement d'une canalisation où la section passe de 1 m^2 à $0,01 \text{ m}^2$?
2. Énoncer la relation de Bernoulli et ses conditions d'applications. On identifiera toutes les variables introduites.
3. Déterminer un ordre de grandeur de v_1 , sous une pression de 1 bar, nécessaire pour atteindre la pression de vapeur saturante $p_2 = 2\,500 \text{ Pa}$ dans l'étranglement.
4. Exprimer P_2 en fonction de P_1 et v_1 .
5. Représenter la transformation 1 \rightarrow 2 dans la diagramme (P,T) de l'eau.
6. Que se passe-t-il si la vitesse initiale de l'eau est supérieure à la valeur précédente ?

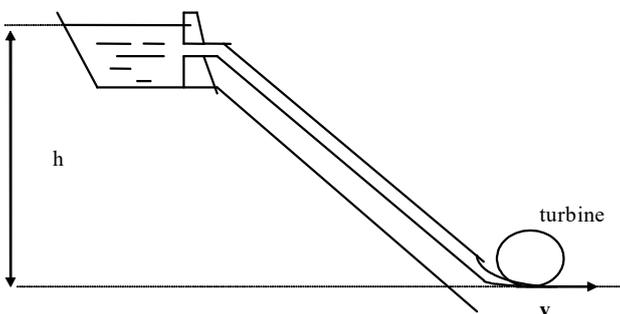
II. Vidange d'une citerne de gazole :

$\rho = 840 \text{ kg.m}^{-3}$ est la masse volumique du gazole, V_A (respectivement V_B) correspond à la vitesse moyenne de l'écoulement supposée constante au niveau de la section $S_A = 1,00 \text{ m}^2$ (respectivement $S_B = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$), $H = 1,00 \text{ m}$, hauteur de la citerne.



- a. Énoncer la relation de Bernoulli avec ses conditions d'application.
- b. Comment se traduit la conservation de la masse lors de l'écoulement ? En déduire une relation entre les vitesses moyennes en A et B.
- c. Sachant que la section en A est nettement plus grande que celle en B, exprimer la vitesse moyenne V_B de l'écoulement en B à l'aide de h et g . Est-ce que V_B est constante au cours de l'écoulement ? Comment peut-on justifier cependant l'application de la relation de Bernoulli ?
- d. Quelle relation a-t-on en V_A et $h(t)$? En déduire une équation différentielle dont $h(t)$ est solution.
- e. La citerne est initialement pleine. Exprimer le temps nécessaire T pour la vidanger complètement, en fonction de S_A , S_B , H et g . Calculer T .
- f. Quelle valeur de T aurait-on obtenu, si on avait supposé que la vidange a lieu à vitesse constante égale à la vitesse initiale ?

III. Turbine hydraulique :



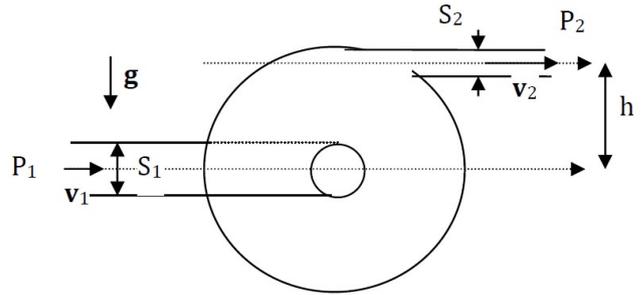
Une centrale hydro-électrique est alimentée par une conduite d'eau issue d'un barrage. La capacité du barrage est telle que l'eau qu'il contient sera supposée immobile, quel que soit le débit de la conduite. L'extrémité aval de la conduite est raccordée à une tubulure de section décroissante, appelée injecteur, à l'extrémité de laquelle l'eau sort à l'air libre sous la forme d'un jet cylindrique, d'axe horizontal, de section circulaire S . La vitesse v de l'eau sera supposée horizontale et uniforme en tout

point du jet de sortie. Soit h la dénivellation entre la surface libre de l'eau du barrage et l'axe de l'injecteur. On supposera que l'eau est un fluide parfait incompressible et l'on néglige les frottements le long de la conduite de l'injecteur. L'injecteur se trouve avant la turbine.

1. Calculer la vitesse v de l'eau à la sortie de l'injecteur, le débit de masse D_m . AN: $h = 900 \text{ m}$; $S = 150 \text{ cm}^2$; $\mu_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$. Que pensez-vous de ces ordres de grandeur ?
2. Après avoir effectué un bilan d'énergie mécanique sur un système dont l'ouvert se trouve entre la sortie de l'injecteur et celle de la turbine, déterminer évaluer la puissance maximale reçue par la turbine.

IV. Puissance d'une pompe

Soit une pompe dont la conduite d'aspiration horizontale de section S_1 , arrive au niveau de référence. La conduite de refoulement, elle aussi horizontale de section S_2 , est située à une hauteur h au-dessus du niveau de référence. La pression est P_1 à l'entrée de la pompe et P_2 à la sortie. Le débit de la pompe est Dv , le fluide est supposé parfait et incompressible de masse volumique μ . Le régime est stationnaire.



1. Quelle puissance mécanique P_m faut-il fournir à la pompe sachant que son rendement est 80% ?
2. AN : le diamètre de la conduite d'aspiration est de 30 cm, celui de la conduite de refoulement 20 cm, $P_1 = 0,7$ bar ; $P_2 = 1,7$ bar ; $h = 1,20$ m ; $Dv = 9000$ L.min⁻¹.