

THEME 2 LA CIRCULATION SANGUINE

CHAP 3 ECOULEMENT DES FLUIDES

L'étude de l'écoulement d'un liquide est réalisée dès que le régime permanent est établi.

1. LE DEBIT D'UN LIQUIDE

1.1. COMMENT LE DEFINIR ?

Le débit en volume D d'un liquide est le volume de liquide qui traverse une section d'un tuyau pendant l'unité de temps.

Si V est le volume de liquide qui traverse la section du tuyau pendant la durée Δt :

$D = \dots\dots\dots$

avec V en m^3 ; Δt en s ; D en $m^3.s^{-1}$

1.2. EXPRESSION DU DEBIT VOLUMIQUE.

Considérons un liquide dont la **vitesse d'écoulement** v dans un tuyau cylindrique est constante.
Le volume V du liquide qui va traverser une **section S du tuyau** pendant une durée Δt est contenu dans un cylindre de section S et de longueur l .

Donc :

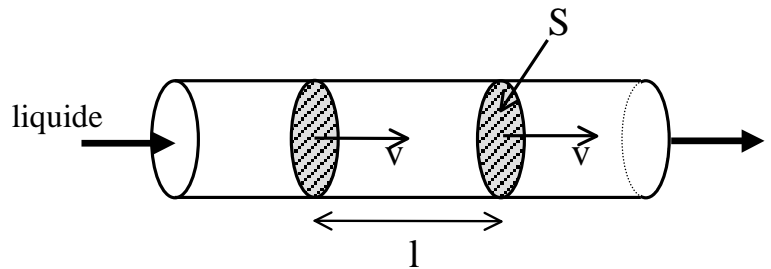
$V = \dots\dots\dots$ avec $l = \dots\dots\dots$

donc $V = \dots\dots\dots$

On peut en déduire l'expression du débit volumique.

$D = \dots\dots\dots$

avec v en $m.s^{-1}$; S en m^2 ; D en $m^3.s^{-1}$

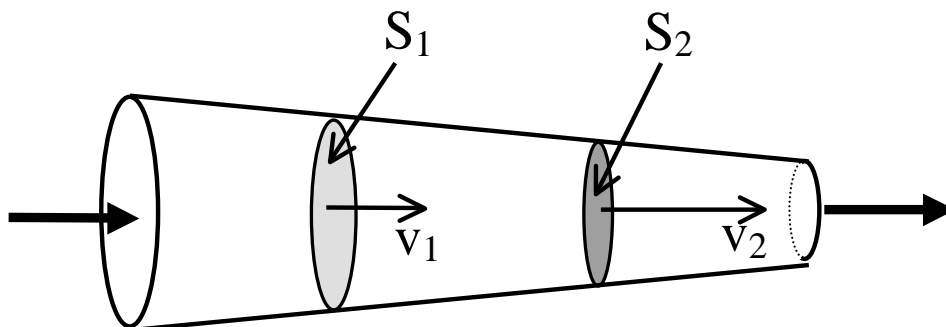


1.3. CONSERVATION DU DEBIT VOLUMIQUE.

Il ne peut pas y avoir accumulation de liquide en un point quelconque du circuit : le débit a donc une valeur à travers toute section droite du tuyau.

A débit constant, la diminution de S entraîne une de v .

Sur la figure proposée $S_2 < S_1$ donc v_2 v_1 (cas du tuyau d'arrosage dont on pince l'extrémité).



2. LES CRITERES D'ÉCOULEMENT D'UN LIQUIDE

2.1. COMMENT CARACTERISER LE LIQUIDE ?

L'écoulement de tout **fluide réel** fait apparaître des *frottements* plus ou moins importants des particules liquides entre elles et avec les parois du tuyau : ce sont les *forces de viscosité*.

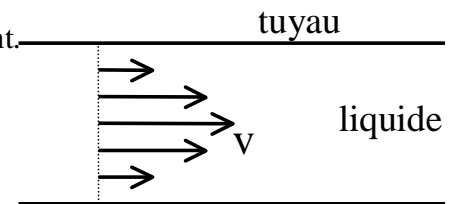
Ainsi, l'huile est plus que l'eau (ou moins).

2.2. DEUX REGIMES D'ÉCOULEMENT

A cause des forces de viscosité, toutes les particules liquides n'ont pas la même vitesse ; c'est donc une **vitesse moyenne d'écoulement** qui intervient dans l'expression du débit.

La vitesse d'écoulement d'un fluide permet de différencier deux types d'écoulement.

- **L'écoulement** se produit pour une vitesse d'écoulement faible. L'écoulement se fait en couches cylindriques qui glissent les unes sur les autres suivant des *lignes de courant* sensiblement parallèles : la vitesse du filet central est supérieure à la vitesse des filets latéraux.



- **L'écoulement** se produit pour une vitesse d'écoulement importante. Les lignes de courant se déforment et apparaissent des *tourbillons* (cas de la vidange d'une baignoire). Ce type d'écoulement n'est pas étudié.

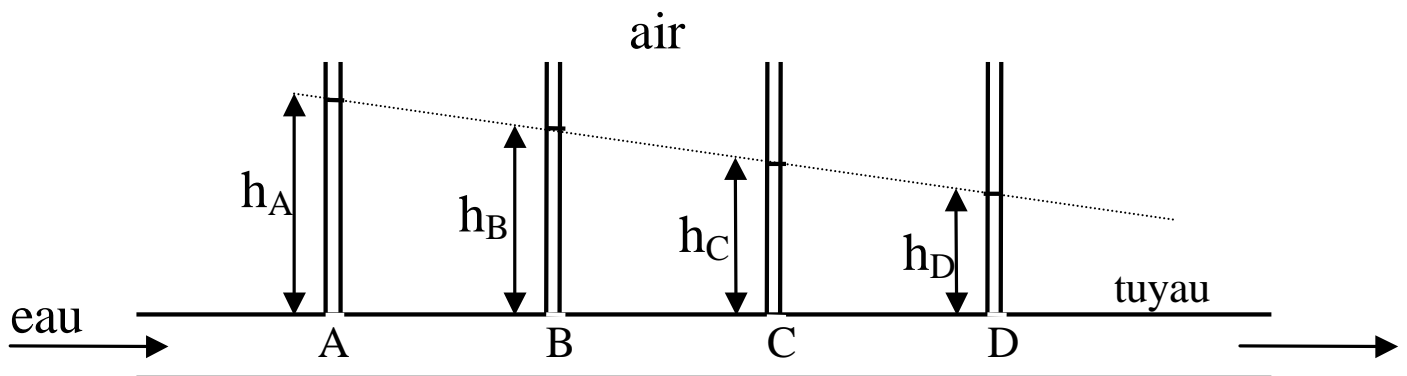
2.3. PERTE DE CHARGE DANS UN TUYAU

APPROCHE EXPERIMENTALE.

On considère un écoulement laminaire d'eau dans un tuyau horizontal, avec un débit constant.

Les tubes manométriques verticaux permettent de mesurer la pression de l'eau dans le tuyau en différents points A, B, C, D ...

Par exemple en A : $p_A - p_{atm} = \dots\dots\dots$ soit $p_A = \dots\dots\dots$



On observe que : $h_A \dots\dots\dots h_B \dots\dots\dots h_C \dots\dots\dots h_D$ donc $p_A \dots\dots\dots p_B \dots\dots\dots p_C \dots\dots\dots p_D$.

Dans le cas d'un fluide réel, la pression dans le sens de l'écoulement.

DEFINITION

La chute de pression entre deux points A et B d'un tuyau est appelée **perte de charge**.

Pour un écoulement de A vers B, on la note $\Delta p = p_A - p_B$. On l'exprime en Pa.

3. RESISTANCE HYDRAULIQUE.

Une autre expression du débit D en régime permanent laminaire est la suivante :

$$D = \frac{\Delta p}{R}$$

dans laquelle $R = \dots\dots\dots$

avec D en $m^3.s^{-1}$; Δp en Pa ; et R en $Pa.s.m^{-3}$

R ne dépend que de la nature du liquide (viscosité du liquide) et de la géométrie du tuyau (longueur et rayon du tuyau) : c'est la **résistance hydraulique du tuyau** pour le fluide qui y circule.

Le débit D est proportionnel à et inversement proportionnel à

4. APPLICATION: LA CIRCULATION SANGUINE.

Le sang est un liquide dont la viscosité (2.10^{-3} à 5.10^{-3} Pa.s) varie selon l'hématocrite correspondant aux proportions d'hématies.

Un vaisseau sanguin, supposé cylindrique peut être caractérisé par sa **résistance vasculaire** R.

L'écoulement du sang dans un vaisseau obéit approximativement à la loi de Poiseuille $D = \frac{\Delta p}{R}$.

Ainsi, un organe ayant besoin d'un apport important de dioxygène, sera alimenté par un vaisseau de rayon plus ce qui la résistance vasculaire et le débit sanguin.

L'appareil circulatoire est toutefois très complexe et l'écoulement sanguin n'y est pas permanent, ni toujours laminaire.

Exercice : A chaque pulsation, un cœur humain envoie 75 cm^3 de sang dans l'aorte de section $2,8 \text{ cm}^2$. Ce sang se répartit ensuite dans l'ensemble des capillaires dont la section totale est 2500 cm^2 .

a) Calculez (en $L.min^{-1}$ puis en $m^3.s^{-1}$) le débit sanguin correspondant à 70 pulsations par minute.

.....

.....

b) Quelle est la vitesse moyenne du sang dans l'aorte ?

.....

.....

.....

c) Quelle est la vitesse moyenne du sang dans les capillaires ?

.....

.....

.....