

## 1 – Fluides parfaits

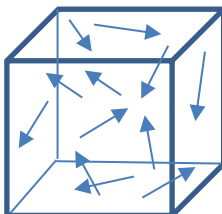
### 1 – Outils de description de l'écoulement

- **Exemples d'écoulements étudiés :**
  - Ecoulement d'une rivière
  - Ecoulement de sang dans les vaisseaux
  - Ecoulement de fluide autour d'un objet sphérique en chute dans un liquide
  - Etc...
  
- **Deux approches pour décrire l'ensemble d'un écoulement :**
  - Etudier la trajectoire d'une particule de fluide (point de vue dit *lagrangien*).
    - Analogie : Prendre une photo de circulation automobile avec un temps de pose long : chaque courbe indique la trajectoire d'un véhicule
  - Se placer à un niveau donné de l'écoulement et y déterminer les vecteurs vitesse des particules de fluide à l'instant t (point de vue dit *eulérien*).
    - Analogie : Prendre une photo de circulation automobile avec un temps de pose court : chaque court trait indique la vitesse instantanée d'un véhicule

Doc 1 – Deux modes de description d'une circulation automobile



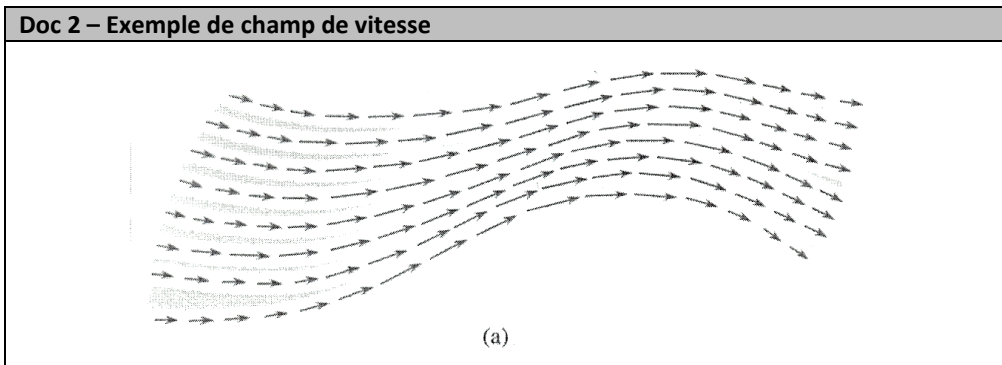
- **Vitesse du fluide en un point M :**
  - On considère une particule de fluide centrée en un point M. Celle-ci contient un nombre de molécules N très grand ( $10^8$  à  $10^{11}$  molécules), chacune animée d'un mouvement désordonné aléatoire (mouvement brownien).
  - La vitesse de la particule moyenne est la moyenne statistique de ces vitesses particulières.



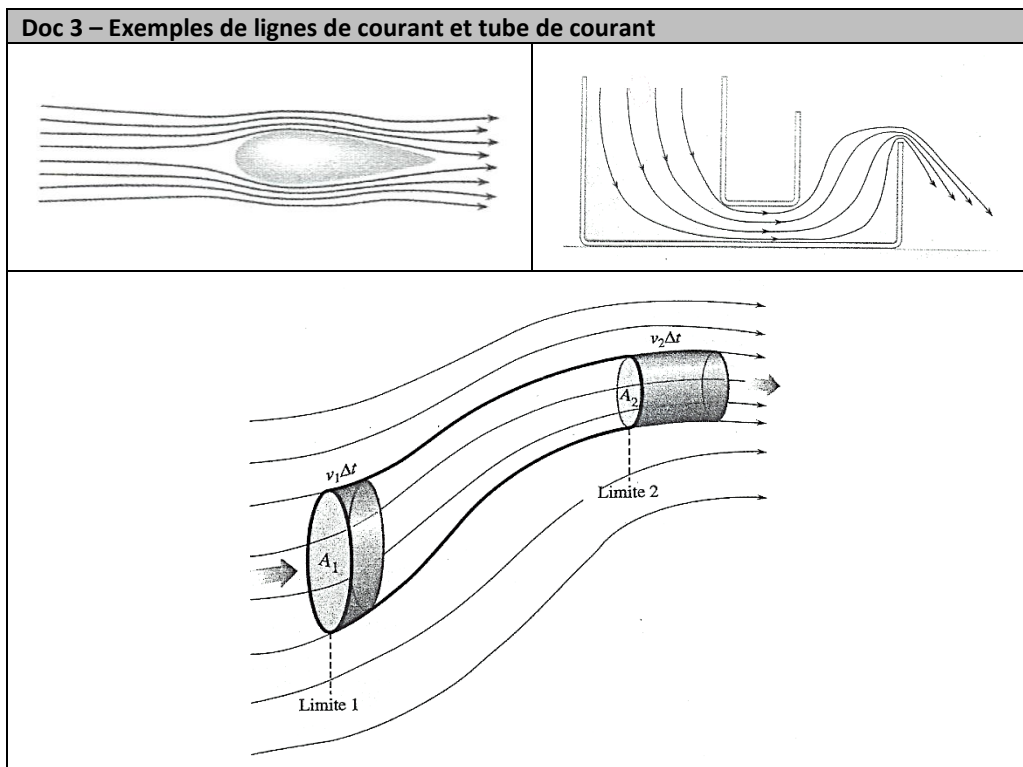
$$\langle \vec{v} = \frac{1}{N} \sum_i \vec{v}_i \rangle$$

- Si  $\vec{v} = \vec{0}$ , particule de fluide au repos
- Si  $\vec{v} \neq \vec{0}$ , particule de fluide se déplace (cas d'un écoulement)

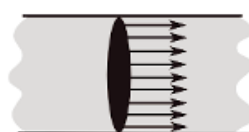
- **Champ de vitesse  $\vec{v}(M, t)$  :**
  - La vitesse dépend a priori de la position du point M et du temps t.
  - On parle donc de champ de vitesse.



- **Ligne de courant, tube de courant :**
  - Ligne de courant à l'instant t : courbe tangente en chaque point au champ de vitesse.
  - Tube de courant à l'instant t : ensemble de lignes de courant s'appuyant sur un contour fermé.
  - En régime stationnaire, les lignes de courant n'évoluent pas dans le temps. Elles sont alors assimilables aux trajectoires des particules de fluide.



- **Écoulement unidirectionnel ? unidimensionnel ?**
  - Écoulement unidirectionnel : Lignes de courant parallèles entre elles et de direction fixe.
  - Écoulement unidimensionnel : Les grandeurs de description de l'écoulement ne dépendent que d'une seule variable d'espace (par exemple, x ou r)



**Unidirectionnel  
Unidimensionnel**



**Unidirectionnel  
Non Unidimensionnel**

## 2 – Débit volumique, débit massique, bilan de masse sur un système ouvert

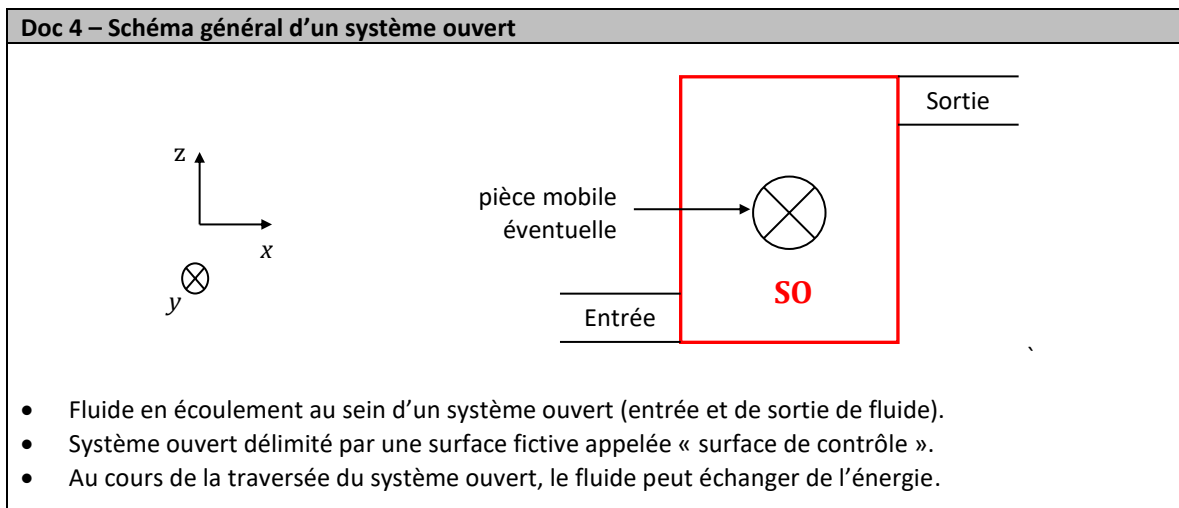
### 2.1. Notion de débit (ou flux) volumique

- Définir un débit massique. Dans quelle unité s'exprime-t-il dans le système international ?
- Par une description locale en écoulement unidirectionnel et unidimensionnel, montrer que  $D_v = Sv$ .

### 2.2. Notion de débit (ou flux) massique

- Définir un débit volumique. Dans quelle unité s'exprime-t-il dans le système international ?
- Par une description locale en écoulement unidirectionnel et unidimensionnel, montrer que  $D_m = \rho Sv$ .

### 2.3. Bilan de masse sur un système ouvert



- Réaliser un bilan de masse sur le système ouvert en tenant compte de l'entrée et sortie de fluide.

$$\frac{dm_{SO}}{dt} = D_{me} - D_{ms}$$

- Montrer qu'en régime stationnaire, le débit massique se conserve.
- A quelles conditions peut-on affirmer que le débit volumique se conserve ?

## 3 – Bilan d'énergie mécanique d'un fluide en écoulement

### 3.1. Cadre de l'étude

- **But :** Appliquer le théorème de l'énergie mécanique à un fluide en écoulement
- **Hypothèses pour appliquer le TEM :**
  - Référentiel galiléen
  - Nécessité de définir un système fermé
- **Hypothèses concernant l'écoulement**
  - Ecoulement permanent
  - Fluide incompressible

### 3.2. Bilan d'énergie mécanique

- Définir le système fermé fictif associé au système ouvert « fluide en écoulement ».
- Rappeler (et démontrer) l'expression du travail des forces pressantes exercées en amont et en aval.
- Appliquer le TEM au système fermé.
- Définir la charge d'un fluide.

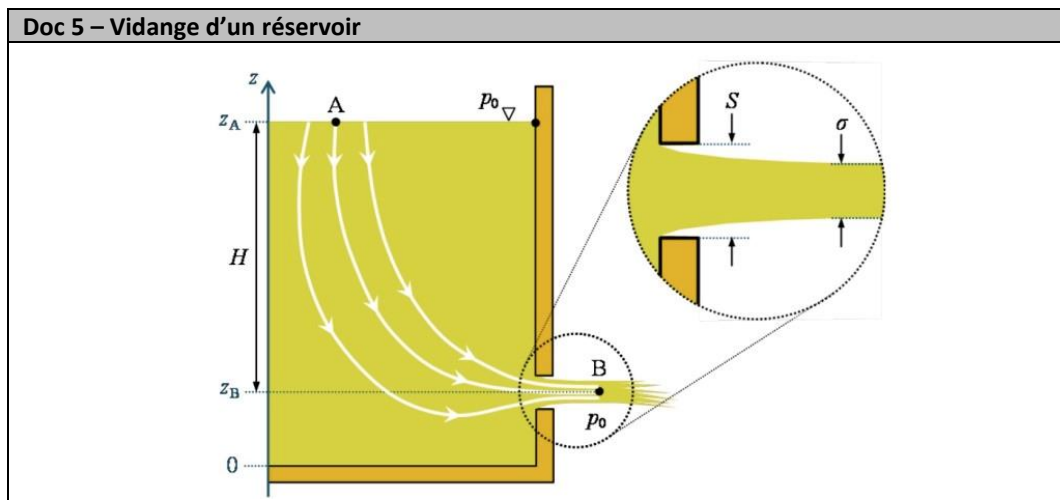
### 3.3. Relation de Bernoulli

- Rappeler les hypothèses nécessaires à l'application de la relation de Bernoulli. Qu'appelle-t-on fluide parfait ?
- Enoncer la relation de Bernoulli.
- En quoi cette relation traduit-elle une conservation de l'énergie mécanique du fluide.

## 4 – Applications de la relation de Bernoulli

### 4.1. Vidange d'un réservoir contenant un fluide parfait

**Exercice :** On considère un fluide parfait contenu dans un récipient cylindrique de section  $S$ . La vidange du récipient est provoquée par le perçage d'un trou, de section  $s$ , en B.

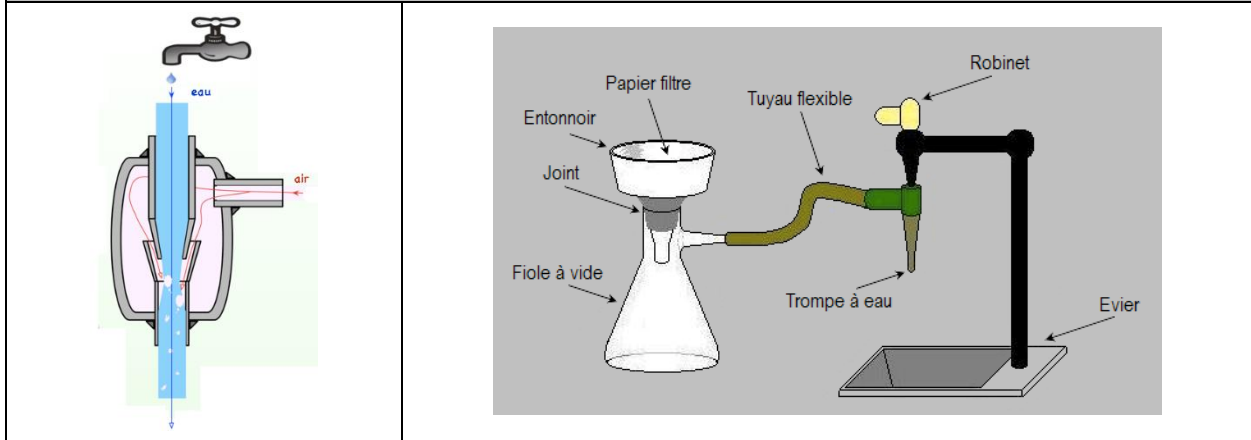


1. Montrer qu'ici, le récipient commence à se vider quelle que soit la hauteur du point B.
2. Déterminer la vitesse d'éjection du fluide en B.
3. Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'altitude  $z$  de la surface supérieure du fluide.
4. Résoudre l'équation différentielle. Déterminer le temps de vidange.

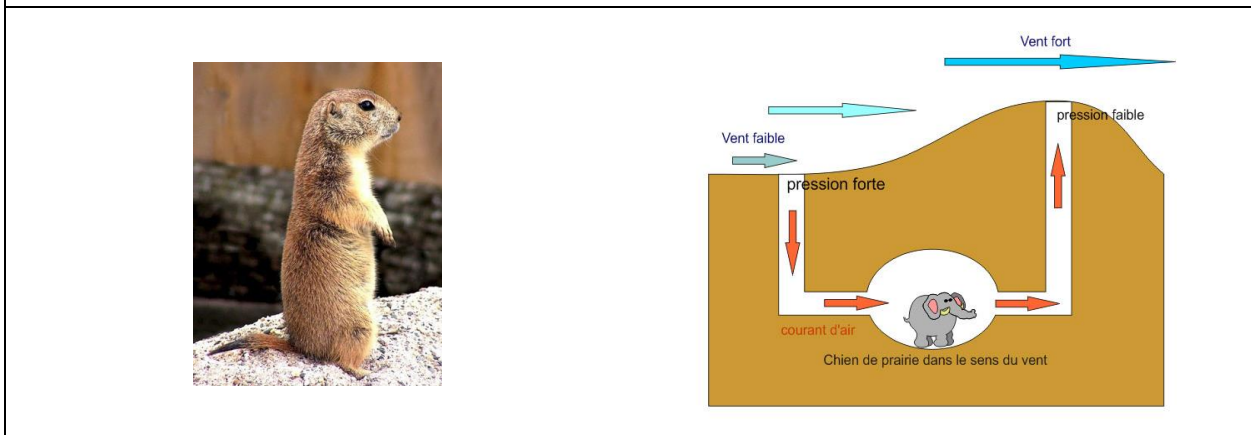
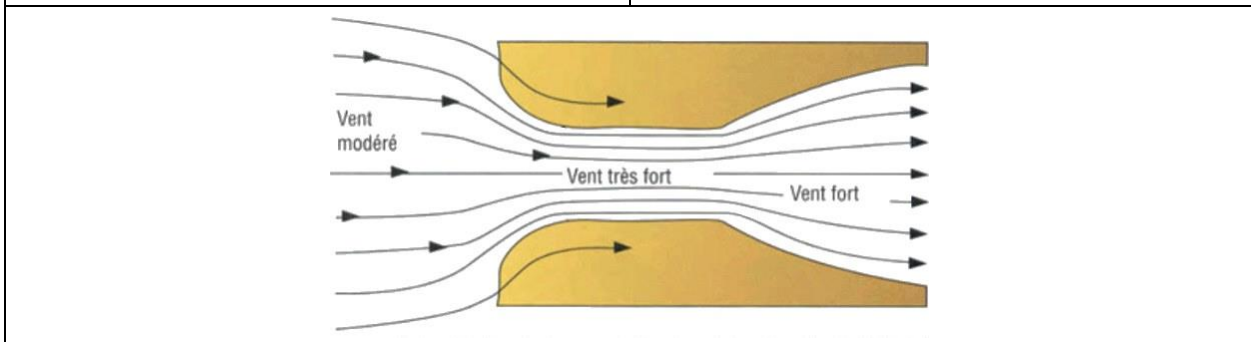
## 4.2. Mesure d'un débit

- Présenter (et démontrer) l'effet Venturi.
- Expliquer l'intérêt et le fonctionnement d'une trompe à eau.

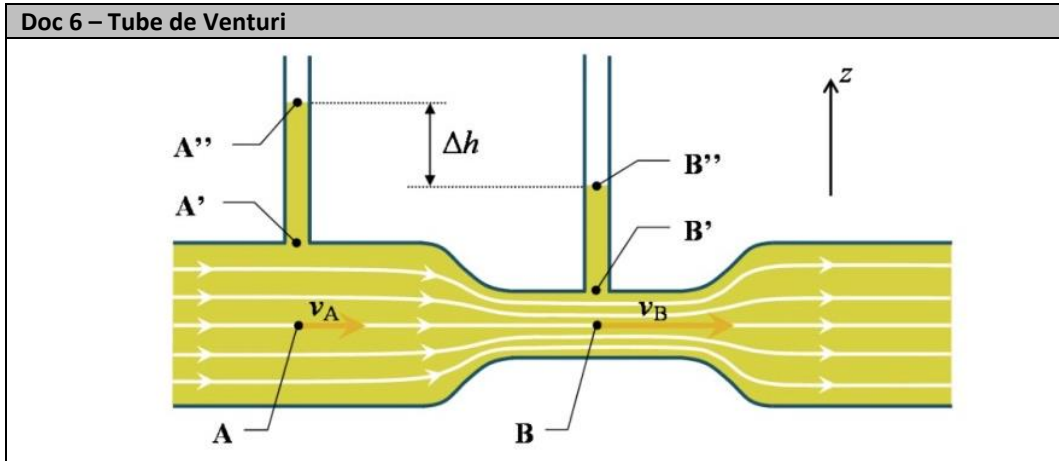
### Doc 6 – Trompe à eau



### Doc 7 – Exemples d'illustrations de l'effet Venturi



**Exercice :** Montrer que la mesure de la dénivellation  $\Delta h$  au niveau d'un tube de Venturi permet de déterminer le débit volumique de l'écoulement.



### 4.3. Mesure de la vitesse d'un écoulement

**Exercice :** Montrer que la dénivellation  $\Delta h$  dans un tube de Pitot permet de déterminer la vitesse de l'écoulement.

