MÉCANIQUE DES FLUIDES

Notion de débit

4

1 – PRÉAMBULE

L'écoulement d'un fluide se manifeste par son **déplacement**.

Il peut avoir lieu dans une conduite en charge (c'est-à-dire sous pression) ou bien à surface libre mais que pour les liquides, pas pour les gaz.

Écoulement en charge

Écoulement à surface libre

2 – DÉFINITION

Le débit est la **quantité de fluide qui s'écoule par unité de temps** ; on distingue toutefois le cas ou la quantité de fluide est exprimée en unité de **volume** (m^3) ou en unité de **masse** (kg) :

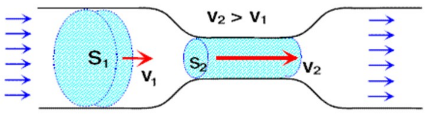
Débit volumique ($m^3.s^{-1}$) → $$Q_v = \frac{V}{t}$$ ← Volume (m^3) ; ← Temps (s)

Débit massique ($kg.s^{-1}$) → $$Q_m = \frac{M}{t}$$ ← Masse (kg) ; ← Temps (s)

La masse et le volume sont relié par la masse volumique : $\rho = M / V$. Cette formule permet de passer du débit volumique au débit massique et inversement.

Très pratique *: on montre (facilement) que le débit volumique est donné par la formule ci-contre :*

Débit volumique ($m^3.s^{-1}$) → $$Q_v = S \cdot V$$ ← Section de passage (m^2) ; ← Vitesse d'écoulement ($m.s^{-1}$)



$Q_{v1} = S_1 \cdot V_1$ — *Débit dans la section S_1*

$Q_{v2} = S_2 \cdot V_2$ — *Débit dans la section S_2*

3 – DÉBIT CONSTANT – DÉBIT VARIABLE

Prenons un robinet par lequel de l'eau peut couler. On comprend bien que plus le robinet est ouvert, plus le débit sera important (car la quantité d'eau délivrée par unité de temps dépend de l'ouverture du robinet).

Dans la suite, on raisonne en débit volumique.

Débit constant

On rappelle que $Q_v = S \cdot V$

Avec une ouverture de robinet donnée, on constate qu'il faut 30 *s* pour remplir un sceau de 10 *litres* ; on a donc un débit : $Q_1 = V / t = 10 / 30 = 0{,}33\ l \cdot s^{-1}$.

⇒ Pendant l'écoulement, le réglage du robinet n'a pas été modifié : **le débit a été constant**.

⇒ On peut connaître à chaque instant le volume écoulé avec $V_1 = Q_1 \times t = 0{,}33 \cdot t$ (équation de droite).

On ouvre un peu plus le robinet et on constate cette fois-ci qu'il faut 20 *s* pour remplir le sceau de 10 *litres*.
Le débit Q_2 vaut donc $Q_2 = V / t = 10 / 20 = 0{,}50\ l \cdot s^{-1}$.

⇒ Là aussi, pendant l'écoulement, le réglage du robinet n'a pas été modifié : **le débit a été constant**.
⇒ On peut connaître à chaque instant le volume écoulé avec $V_2 = Q_2 \times t = 0{,}50 \cdot t$ (équation de droite).

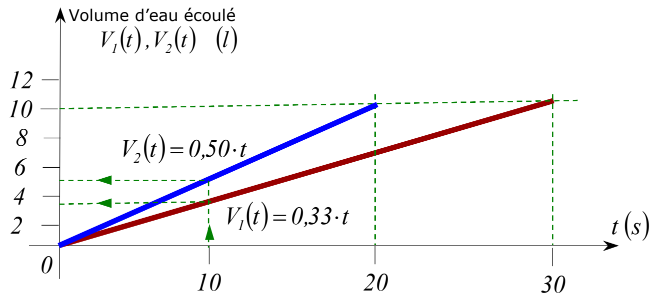
Le débit correspond au coefficient directeur de la droite $V(t)$.

Q_2 est plus grand que le débit Q_1 parce que le robinet est plus ouvert. Il aura fallu moins de temps pour remplir le sceau de 10 *litres* (20 *s* contre 30 *s*).

Les équations de droite données dans les exemples permettent de calculer un volume écoulé pendant un temps donné (et avec un débit donné). Par exemple, au bout de t = 10 *s*, on a :

$$V = Q_1 \times t = 0{,}33 \times 10 = 3{,}3\ l$$

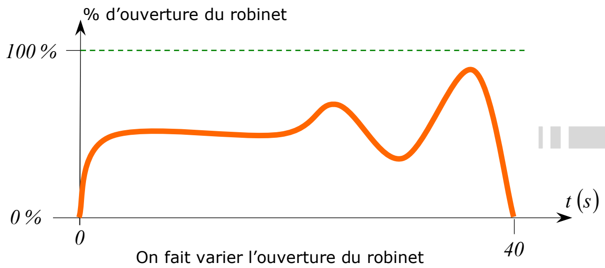
$$V = Q_2 \times t = 0{,}50 \times 10 = 5\ l$$



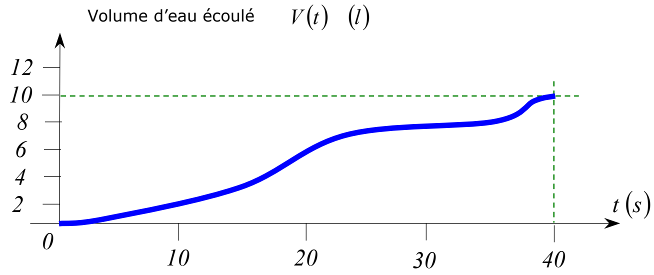
Évolution du remplissage du sceau avec des débits constants.

Débit variable

Supposons maintenant que, pour remplir les 10 *litres* d'eau, on « s'amuse » à faire varier l'ouverture du robinet :



On fait varier l'ouverture du robinet
⇨ *0% = robinet complètement fermé*
⇨ *100% = robinet complètement ouvert*

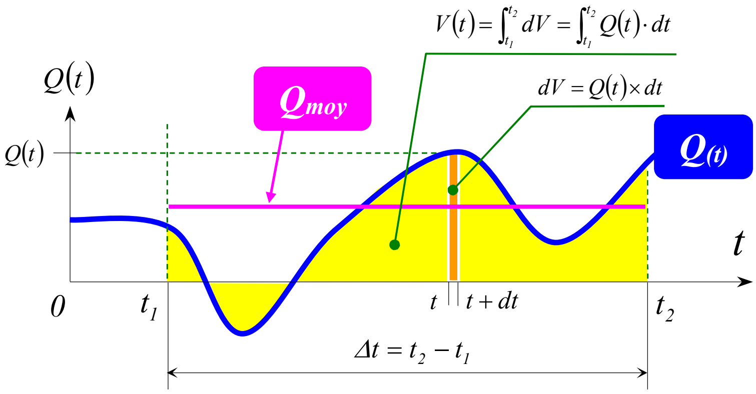


Evolution du remplissage du sceau avec un débit variable.
Le volume ne fait que croitre (la fonction $V(t)$ est croissante)

Ici, le débit Q ne cesse de varier au cours du temps et l'équation $V = Q \times t$ n'est plus celle d'une droite.

4 – DÉBIT INSTANTANE – DEBIT MOYEN

Le constat fait avec la notion de débit variable amène à quitter le cas particulier de l'équation de droite pour généraliser le calcul du volume écoulé en toutes circonstances.



Débit instantané

Le calcul intégral permet de généraliser…

$$dV(t) = Q(t) \times dt \quad \Leftrightarrow \quad Q(t) = \frac{dV(t)}{dt}$$

Débit moyen

$$\boxed{Q_{moy} = \frac{V}{\Delta t}}$$

Dans le cas où le système absorbe (ou cède) un volume V connu en une durée Δt connue, le calcul ci-contre donne le **débit moyen** Q_{moy} (il ne préjuge pas *des variations* du débit sur la durée Δt).

Si le débit est connu à l'aide d'une fonction continue et dérivable sur l'intervalle [t_1 ; t_2], le **débit moyen** Q_{moy} peut être calculé comme ci-contre :

$$Q_{moy} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} Q(t) \cdot dt$$