

FORMULAIRE MECANIQUE – MECANIQUE DES FLUIDES**SECTION**

Section (cercle) = $(\pi d^2)/4$

S Section en m^2

π environ 3,14159

d diamètre en m

VOLUME

V (Volume cylindre) = S .h

V Volume en m^3

S Section en m^2

h hauteur en mètre

MASSE et MASSE VOLUMIQUE

$m = V \cdot \rho$

$\rho = m / V$

m masse en Kg

V Volume en m^3

ρ masse volumique en kg/m^3

POIDS d'une MASSE

$P = m \cdot g$

P Poids en Newton

m masse en Kg

g gravité 9,81 m/s^2

POIDS VOLUMIQUE

$\varpi = \rho \cdot g$

ϖ : Poids volumique en (N/m^3).

m : masse en (kg),

g : accélération de la pesanteur en (m/s^2),

V : Volume en (m^3).

DENSITE

$$d = \frac{\text{masse volumique du fluide}}{\text{masse volumique d'un fluide de référence}} = \frac{\rho}{\rho_{ref}}$$

Dans le cas des liquides on prendra l'eau comme fluide de référence.

Dans le cas des gaz on prendra l'air comme fluide de référence.

Pression et Hauteur de la Colonne de Fluide

$$p = \rho gh \text{ ou } \Delta p = \rho g \Delta h$$

p ou Δp pression en Pascal

ρ masse volumique en kg/m^3

h ou Δh hauteur en mètre

Pression et Poids (Force)

$$p = P/S$$

p pression en Pascal $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10^6 \text{ Pa}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

P Poids en Newton

S Section en m^2

Viscosité dynamique

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{\Delta V}{\Delta Z}$$

F : force de glissement entre les couches en (N),

μ (lettre mu) : Viscosité dynamique en (kg/m.s),

S : surface de contact entre deux couches en (m^2),

ΔV : Écart de vitesse entre deux couches en (m/s),

ΔZ : Distance entre deux couches en (m).

Remarque : Dans le système international (SI), l'unité de la viscosité dynamique est le Pascal seconde (Pa.s) ou Poiseuille (Pl) : $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ Pl} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$

Viscosité cinématique

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

ν (lettre nu) : Viscosité cinématique en (m^2/s),

μ (lettre mu) : Viscosité dynamique en (kg/m.s),

ρ masse volumique en kg/m^3

L'unité de la viscosité cinématique est le (m^2/s).

Remarque 1 (unité):

On utilise souvent le Stokes (St) comme unité de mesure de la viscosité cinématique.

$$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

Remarque 2 (Influence de la température) :

Lorsque la température augmente, la viscosité d'un fluide décroît car sa densité diminue.

Remarque 3 (différence entre viscosité dynamique et viscosité cinématique) :

La viscosité cinématique caractérise le temps d'écoulement d'un liquide.

Par contre, la viscosité dynamique correspond à la réalité physique du comportement d'un fluide soumis à une sollicitation (effort). En d'autre terme, cette dernière exprime la « rigidité » d'un fluide à une vitesse de déformation en cisaillement.

RELATION FONDAMENTALE DE L'HYDROSTATIQUE

$$\Delta p = (p_1 - p_2) = \rho \cdot g \cdot (Z_2 - Z_1)$$

Δp , p_1 et p_2 en Pa,

ρ masse volumique en kg/m^3

g : accélération de la pesanteur en (m/s^2) ,

Z_1 et Z_2 représentent les cotes (les distances) des Positions 1 et 2 en m,

POUSSEE D'UN FLUIDE SUR UNE PAROI VERTICALE

Eléments de réduction du torseur des forces de pression

Résultante du torseur $R = p_G \cdot S$

R : Résultante des Forces en Newton (N),

p_G : pression au centre de Gravité G,

S : Section en m^2

Moment du torseur $M = \varpi \cdot I_G$

M : Moment du torseur en Newton. mètre (N.m)

ϖ : Poids volumique en (N/m^3) .

I_G : Moment quadratique de la Surface en m^4

Centre de Poussée

Position du Centre de Poussée

$$y_0 = - (\varpi \cdot I_G) / (p_G \cdot S)$$

y_0 est toujours en dessous de y_G

y_0 longueur par rapport au centre de gravité G en mètre (m)

ϖ : Poids volumique en (N/m^3) .

I_G : Moment quadratique de la Surface en m^4

p_G : pression au centre de Gravité G,

S : Section en m^2

Poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide subit une force verticale, orientée vers le haut c'est la poussée d'Archimède et dont l'intensité est égale au poids du volume de fluide déplacé.

Travail (ou Energie)

$$W = F \cdot d$$

W Travail en Joules

F Force en Newton

d déplacement en mètre

Débit Volumique

$$Q_v = S \cdot v$$

Q_v débit volumique en m^3/s

S Section en m^2

v vitesse en m/s

Ou

$$Q_v = V / t$$

Q_v débit volumique en m^3/s

V Volume en m^3

t temps en seconde

Débit Massique

$$Q_m = \rho \cdot Q_v = \rho \cdot S \cdot v$$

Q_m débit massique en kg/s

ρ masse volumique en kg/m^3

Q_v débit volumique en m^3/s

ou

$$Q_m = m / t$$

Q_m débit massique en kg/s

m masse en Kg

t temps en seconde

Equation de la Continuité du Débit Volumique (Fluide Incompressible)

$$S_e \cdot v_e = S_s \cdot v_s$$

S_e Section à l'entrée en m^2

v_e vitesse à l'entrée en m/s

S_s Section à la sortie en m^2

v_s vitesse à la sortie en m/s

Puissance et Débit Volumique

$$P_u = p \cdot Q_v$$

P_u Puissance en Watt

p pression en Pascal

Q_v débit volumique en m^3/s

Energie et Puissance

$$E = P_u \cdot t$$

E Energie en Joules

P_u Puissance en Watt

t temps en seconde

Ou

$$E = P_u \cdot t$$

E Energie en kWh

P_u Puissance en kW

t temps en h

Energie Potentielle

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

E_p Energie Potentielle en Joules J

m masse en Kg

g gravité $9,81 \text{ m/s}^2$

h hauteur en m

Rendement

$$\eta = P_s / P_e = P_u / P_a$$

η Rendement

P_s Puissance (à la sortie) en Watt

P_e Puissance (à l'entrée) en Watt

P_u Puissance (utile) en Watt

P_a Puissance (absorbée) en Watt

La relation de Bernoulli exprimée en termes de pression (en Pa).

(Unité de la relation de Bernoulli ci-dessous en Pascal soit en (Pa)) pour un fluide se déplaçant d'une Position 1 vers une Position 2 en échangeant une Puissance P et avec des Pertes de Charge Δp s'écrit :

$$p_1 + (1/2) \cdot \rho \cdot V_1^2 + \rho \cdot g \cdot Z_1 - \Delta p + (P/Q_v) = p_2 + (1/2) \cdot \rho \cdot V_2^2 + \rho \cdot g \cdot Z_2$$

- g est l'accélération de la Pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,
- ρ (fluide = eau) est la masse volumique de l'eau : $\rho(\text{eau}) = 1000 \text{ kg/m}^3$,
- Z_1 et Z_2 représentent les cotes des Positions 1 et 2 en m,
- V_1 et V_2 sont les vitesses du fluide aux Positions 1 et 2 m/s,
- p_1 et p_2 sont les pressions du fluide aux Positions 1 et 2 en Pa,
- Δp sont les Pertes de Charges en Pa,
- P est la Puissance échangée par le fluide entre les Positions 1 et 2 en Watt,
- Q_v est le débit volumique en m^3/s .

Sans autres informations dans votre projet de dimensionnement, pour effectuer les Applications Numériques, prendre les valeurs standards suivantes :

- $\rho(\text{air})$ est la masse volumique de l'air : $\rho(\text{air}) = 1,225 \text{ kg/m}^3$,
- ρ (eau) est la masse volumique de l'eau : $\rho(\text{eau}) = 1000 \text{ kg/m}^3$,
- $p(\text{atmosphérique})$ est la pression atmosphérique : $p(\text{atmosphérique}) = 101325 \text{ Pa}$.
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Nombre de Reynolds :

$$Re = (v \cdot d) / \nu$$

v : vitesse moyenne d'écoulement du fluide en m/s,

d : diamètre de la canalisation en m,

ν (lettre nu) : Viscosité cinématique est le (m^2/s),

Résultats empiriques à titre indicatif :

Si $Re < 2\,000$ l'écoulement est laminaire

Si $Re > 2\,000$ l'écoulement est turbulent :

- Lisse si $2\,000 < Re < 100\,000$

- Rugueux si $Re > 100\,000$

Pertes de Charge :

PdC ou J : Perte de Charge ou lettre J majuscule

Δp (PdC en Pa) = $\rho \cdot g \cdot \Delta h$ (PdC en m de Colonne d'Eau)

PdC(Totale) = PdC(Linéaire) + PdC(Singulière)

ou

J(Totale) = J(Linéaire) + J(Singulière)

PdC-L ou JL Linéaire

$$J_L = -\lambda \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \left(\frac{L}{d} \right) \quad \text{Formule pour } J_L \text{ en J/kg}$$

$J_L = j_L \cdot L$

J_L : Perte de Charge Linéaire en m de Colonne d'Eau (mCE)

j_L : perte de Charge Linéique en m de Colonne d'Eau par mètre de canalisation (mCE/m)

L : Longueur de la canalisation en mètre (m)

Dans un régime d'écoulement laminaire : $R_e < 2000$

$$\lambda = \frac{64}{R_e} \quad \text{(Formule de Poiseuille)}$$

Dans un régime d'écoulement turbulent lisse : $2000 < R_e < 10^5$

$$\lambda = 0,316 \cdot R_e^{-0,25} \quad \text{(Formule de Blasius)}$$

Dans un régime d'écoulement turbulent rugueux : $R_e > 10^5$

$$\lambda = 0,79 \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon}{d}} \quad \text{(Formule de Blench)}$$

avec :

- ε : rugosité de la surface interne de la conduite (mm)
- d : diamètre intérieur de la conduite (mm)

Parfois, on lit la valeur de λ sur un abaque établie par Moody.

PdC-S ou Js Singulière

$$J_s = -K_s \cdot \frac{V^2}{2}$$

Formule pour J_s en J/kg

$$\Delta h_s(\text{PdC en m}) = K_s \cdot (1/2 \cdot g) \cdot V^2$$

K_s : coefficient de Pertes de Charge Singulière (Valeurs données par les constructeurs)

Théorème d'Euler ou de la Quantité de Mouvement

La Résultante des actions mécaniques extérieures exercées sur un fluide isolé est égale à la variation de la quantité de mouvement du fluide qui rentre en S_1 à une vitesse V_1 et qui en sort par S_2 à une vitesse V_2 .

$$\Sigma F_{\text{ext}} = Q_m \cdot (V_2 - V_1)$$

ΣF_{ext} : Résultante des actions mécaniques extérieures en Newton (N)

Q_m : débit massique en kg/s

V_2 et V_1 : les vitesses du fluide en S_1 et S_2 en m/s