

Systemes Hydrauliques et Pneumatiques

Semestre : x

Unité d'enseignement : UED xx

Matière : Systèmes Hydrauliques et Pneumatiques

VHS : 22h30 (cours 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif du programme est de faire apprendre aux étudiants un ensemble de connaissances indispensables et nécessaires pour la compréhension physique des systèmes hydrauliques et pneumatiques. Ceci débute par la description des différents organes (vérins, distributeurs, clapets,...), jusqu'à l'établissement des schémas hydrauliques ou pneumatiques

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances en mécanique des fluides, en organes de machines et sur lois de la physique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction et rappels

(2 semaines)

- Les fluides hydrauliques : Les huiles minérales, les huiles de synthèse et leurs caractéristiques.
- Calcul de pertes de charge.
- Filtration de air et à l'huile.
- Les filtres à air et à l'huile : Types et choix.

Chapitre 2 : Pompes, compresseurs et moteurs hydrauliques

(6 semaines)

- Les pompes : Types, construction et choix des pompes à pistons axiaux, pompes à pistons radiaux, pompes à palettes, pompes à engrenages, pompes à vis.
- Eléments de calcul des pompes.
- Les compresseurs : Types, construction et choix des compresseurs.
- Eléments de calcul des compresseurs.
- Les moteurs hydrauliques : Moteurs à pistons axiaux, moteurs à pistons radiaux, moteurs à engrenages, moteurs à palettes, moteurs lents à came et galets.
- Eléments de calcul des moteurs hydrauliques.
- Les vérins à simple effet, vérin à double effet, vérin à double effet double tige, vérin télescopique, vérin rotatif.
- Calcul des vérins.

Chapitre 3 : Autres organes utilisés dans les

Circuits hydrauliques et pneumatiques

(3 semaines)

- Les distributeurs : Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les limiteurs de pression : Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les limiteurs de débit: Types, construction, choix et commande. (directe, indirecte).
- Les accumulateurs et les réservoirs: Types, calcul et choix.
- Les canalisations : Matériaux, dimensions.
- Les capteurs : de force, de vitesse, de position, de température,...

Chapitre 4 : Exemples Pratiques :

(4 semaines)

- Etablissement des schémas hydrauliques et pneumatiques.
- Calcul des circuits hydrauliques et pneumatiques.

Mode d'évaluation:

Examen :100%.

Références bibliographiques:

1. Jacques Faisandier, *Mécanismes hydrauliques et pneumatiques*, Collection :Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle, 2013.
2. José RoldanViloria, *Aide-mémoire : Hydraulique Industrielle*, L'Usine Nouvelle - Dunod.
3. R.-C. Weber, *Sécurité des systèmes pneumatiques*, Édition Festo, 2012.
4. Simon Moreno, Edmond Peulot, *Pneumatique dans les systèmes automatisés de production*, Editeur(s) : Casteilla, 2001.

Chapitre 1 : Introduction et rappels (2 semaines)

Chapitre 1 : Introduction et rappels

(2 semaines)

- Les fluides hydrauliques : Les huiles minérales, les huiles de synthèse et leurs caractéristiques.
- Calcul de pertes de charge.
- Filtration de air et à l'huile.
- Les filtres à air et à l'huile : Types et choix

I. Les fluides hydrauliques : Les huiles minérales, les huiles de synthèse et leurs caractéristiques.

I.1. Définition d'un fluide :

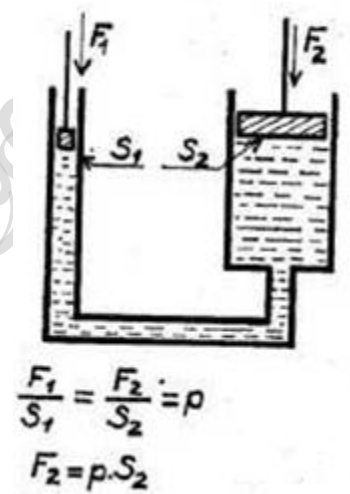
Les fluides sont des corps dont les molécules sont très mobiles les unes par rapport aux autres. Un fluide prend automatiquement la forme du récipient qui le contient. On peut classer les fluides en deux groupes : des liquides et des gaz.

□ **Les liquides**: Les liquides ont un volume propre, ils sont très peu compressibles ce qui explique leur utilisation en hydraulique pour des pressions élevées.

• propriétés des liquides :

1. Les liquides sont pratiquement incompressibles, d'où leur déplacement est facile par poussée (au moyen d'un piston, par exemple) et possibilité d'exercer sur eux des pressions considérables.

2. Les liquides transmettent intégralement les pressions dans tous les sens (principe de pascal) ; d'où possibilité de transmettre par les liquides des pressions importantes, et d'obtenir des poussées considérables (Presse hydraulique Fig.1).



3. La viscosité est variable en fonction de La température, mais souvent importante (huile par exemple).

4. Le coefficient de dilatation est beaucoup plus élevé que celui des solides, en effet toute variation de température d'un liquide placé dans un réservoir détermine des variations de volume qu'il ne faut pas contrarier, si non les réservoirs et les conduites subissent des efforts considérables.

5. Certains liquides, tels que l'eau, subissent en se solidifiant une augmentation de volume, d'où risque d'éclatement des conduites en cas de gel.

6. La densité est variable suivant les liquides, mais en général importante.

□ **Les gaz**: les gaz occupent tout le volume qui lui sont offert. Ils sont très compressibles donc ce sont des mauvais transporteurs d'énergie.

I.2. Compressibilité des fluides : Soit ρ la masse volumique d'un fluide. D'une façon générale, ρ varie avec la pression et la température. On appelle un fluide incompressible lorsque ρ est indépendante de P et T.

Les liquides sont très peu compressibles. Pratiquement : on considère que les liquides sont incompressibles et les gaz sont compressibles.

I.3. Viscosité : Les forces de cohésion intermoléculaire ont tendance à freiner l'écoulement d'un fluide. Cette propriété est appelée viscosité : c'est la capacité d'écoulement d'un fluide.

- Coefficient de viscosité dynamique « μ » : exprimé dans le système international en Poiseuille (Pl) ou en Pascal seconde (Pa.s)

- Coefficient de viscosité cinématique « ν » : exprimé dans le système international en mètre carré par seconde (m^2/s). On utilise souvent le stokes (st) dont : $1st = 10^{-4}m^2/s$.

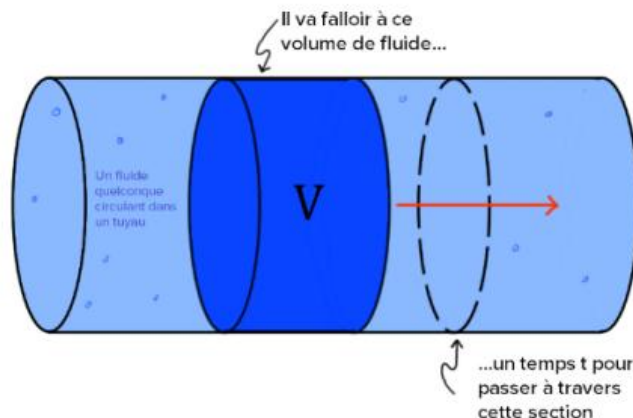
$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

I.4. Fluide parfait – fluide réel : Un fluide parfait est un fluide dont les molécules se déplacent sans aucun frottement les uns par rapport aux autres ; donc sans viscosité $\mu = 0$. (C'est théorique) Un fluide est réel lorsque $\mu \neq 0$

I.5. Débit : C'est la quantité de fluide fournie par un appareil ou une machine qui traverse une conduite donnée, il caractérise la rapidité du mouvement du gaz ou du liquide, il est exprimé par Q (mètres cubes par seconde Unité SI : $m^3.s^{-1}$) ou par q (Ordre de grandeur : 1litres par tours, litres par minute, kg par heure, etc $1 L. min^{-1}$ ($1 L. min^{-1} \equiv 1,7 \cdot 10^{-5} m^3 . s^{-1}$)).

Le débit, caractérise la quantité de fluide qui se déplace.

Le débit est une "grandeur flux" qui caractérise le déplacement du fluide.



I.6.Force : C'est une grandeur capable, soit de déformer un corps, soit de provoquer ou de modifier un mouvement, c'est donc un concept traduisant quantitativement les interactions entre objets et permettant d'expliquer leurs déformations ou les modifications de leurs mouvements. Elle est exprimée en SI en Newton (N) ou en Kgf.

I.7.Travail : Quantité d'énergie reçue par un système matériel se déplaçant sous l'effet d'une force, et est égal au produit scalaire de la force par le vecteur déplacement.

$$Q = F.l.\cos \alpha$$

Avec α l'angle entre la direction de la force et celle du déplacement.

Selon la valeur de l'angle α , le travail peut être positif (moteur), négatif (résistant) ou nul :

- si $0 \leq \alpha < 90^\circ$, alors $0 < \cos \alpha \leq 1$ et $W_{AB} > 0$: le travail est moteur ;
- si $\alpha = 90^\circ$, alors $\cos \alpha = 0$ et $W_{AB} = 0$: le travail est nul ;
- si $90 \leq \alpha < 180^\circ$, alors $-1 \leq \cos \alpha < 0$ et $W_{AB} < 0$: le travail est résistant.

Ainsi, les forces agissant perpendiculairement au déplacement ($\cos 90 = 0$) ne « travaillent » pas, comme la force centrifuge, par exemple.

Le travail c'est le produit d'une force motrice d'un Newton par la distance parcourue d'un mètre, cela étant un Joule égale à $N.m = 1 \text{ Kg.m}^2/s^2$.

I.8.Puissance : La puissance étant la rapidité d'exécution d'un travail donné (quantité de travail par seconde), elle correspond à la quantité d'énergie fournie ou absorbée par un système par unité de temps.

$P=E/t$ autrement $P=F.V$ en translation





$P=M.\omega$ en rotation (Puis méc) ;

$P=p.q$ (Puis Hyd) ;

$P=U.I$ (Puis Elect).

Remarque :

La nature du fluide apparait dans les symboles normalisés et les caractéristiques du fluide ont des ordres de grandeurs qui dépendent du fluide.

Type de fluide	Symboles normalisés		Ordre de grandeur des pressions
	Source	Echappement	
air comprimé (pneumatique)			6 bar
huile (hydraulique)			100 bar

Avantage de l'huile : peu compressible (donc permet de forte pression sans effet ressort).

Avantage de l'air : viscosité (frottement fluide) limitée

II. Hydrostatique :

II.1. Définition : C'est l'étude des fluides au repos, on s'intéresse à la Pression P à l'intérieur d'un volume du fluide.

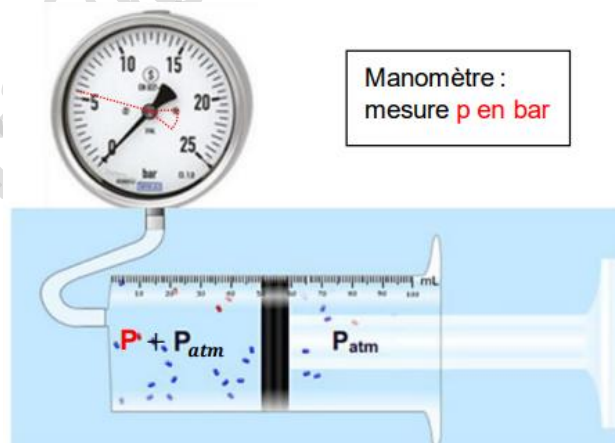
Pression : C'est le rapport de l'intensité de la force s'exerçant uniformément et perpendiculairement sur une aire d'une surface donnée. La pression p caractérise la capacité du fluide à se déplacer. La pression représente l'effort du fluide (exprimé en N) par unité de surface (en m^2) : La pression est une "grandeur effort".

Dans le système international d'unités (SI), l'unité de pression est le pascal (Pa) ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$); on utilise aussi le bar (L'unité pratique est le bar), qui vaut 10^5 Pa , ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ daN/cm}^2$) et, parfois encore, l'atmosphère (atm), valeur moyenne de la pression atmosphérique normale ($1 \text{ atm} = 1,013 25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$). Une ancienne unité de pression est le « centimètre de mercure » ($1 \text{ atm} = 76 \text{ cm de mercure}$).

La pression est donnée par son intensité sans indication de la direction car elle est toujours perpendiculaire à la surface.

II.2. Les différentes pressions :

- La pression atmosphérique : $1 \text{ Pa} = 1,033 \text{ bar}$.
- La pression dans un liquide à une profondeur h : $P = \rho \cdot g \cdot h$.
- La pression due à une force mécanique : $P = S / F$.
- Pression absolue, pression relative :



- La pression p est la pression relative (qui s'ajoute à la pression atmosphérique) : celle due à l'effort sur la seringue.

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + P_{\text{atmosphérique}}$$

- Ordre de grandeur : La pression atmosphérique en condition standard vaut environ : $1 \text{ bar} \equiv 10^5 \text{ Pa}$
- Manomètre : mesure p en bar

- La pression absolue ($p + p_{atm}$) n'est utilisée que lorsque le problème fait intervenir des dépressions ou un environnement dépressurisé (météorologie, générateur de vide)_

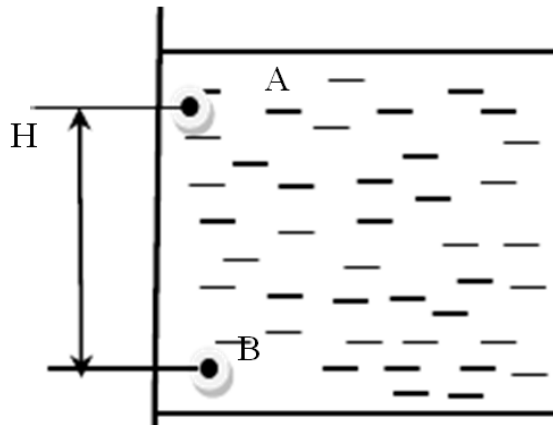
Remarque :

- Si $P_{relative} = 0 \rightarrow P_{absolue} = P_{atm}$
- Si $P_{relative} > 0 \rightarrow P_{absolue} > P_{atm}$
- Si $P_{relative} < 0 \rightarrow P_{absolue} < P_{atm}$

II.3 Loi de L'hydrostatique :

Soient deux points A et B distant d'une altitude H d'un fluide de masse volumique ρ . La différence de pression ΔP entre ces deux points est donnée par la loi de l'hydrostatique ci – contre :

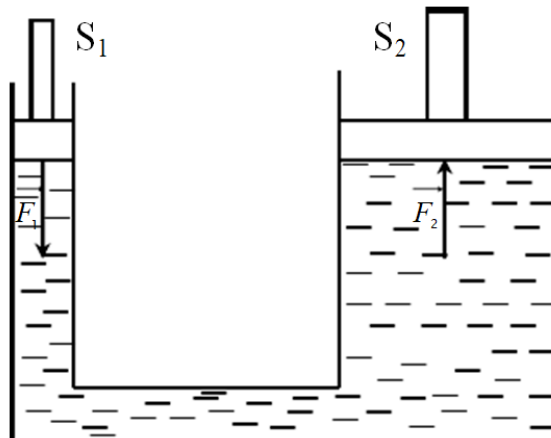
$$\Delta P = P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot H$$



II.4 Loi de Pascal :

Un liquide est incompressible donc lorsqu'on exerce une pression P en un point du circuit, celle-ci est transmise circuit, intégralement à l'autre bout du circuit. Colonne barométrique :

$$P = F_1 / S_1 = F_2 / S_2$$



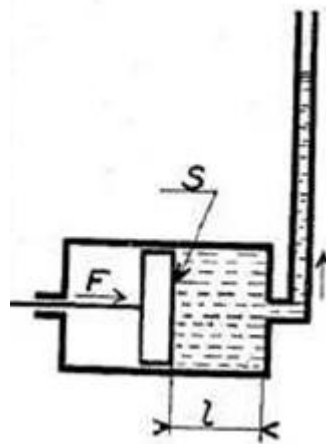
III. Hydrodynamique :

III.1. Définition : C'est l'étude des fluides en mouvement, on s'intéresse aux trois grandeurs suivantes:

- La pression.
- Le Débit.
- La pression dynamique.

III.2. Principe du déplacement d'un liquide :

Les liquides étant pratiquement incompressible, il suffit pour les déplacer, d'exercer sur eux une poussée, exemple : pompe à piston (Fig.6).



Le volume du liquide déplacé est égal au volume engendré par le déplacement du piston C'est-à-dire $S.l$, le débit volumique moyen de la pompe (qui est le volume déplacé par unité de temps) est donc :

$$Q_v = S.l/t$$

Ou :
$$Q_v = S.V$$

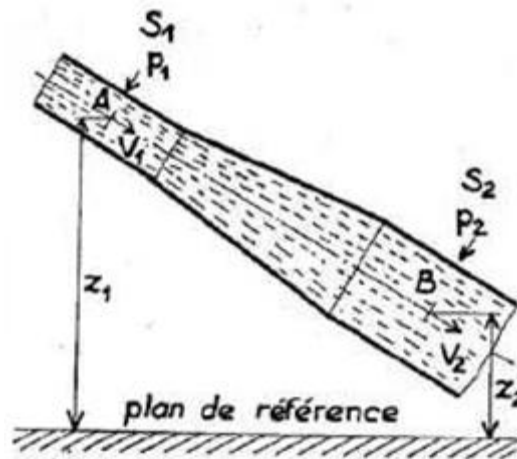
Si ; V est la vitesse moyenne d'écoulement.

III.3. Ecoulement d'un liquide dans une conduite : Un liquide étant incompressible, en régime permanent les quantités du liquide qui s'écoulent à travers deux sections $S1$ et $S2$ (Fig.7) par unité de temps sont égales ; si $V1$ et $V2$ désignent les vitesses du liquide dans les deux sections $S1$ et $S2$, on aura donc l'égalité :

$$S1.V1 = S2.V2 = Q_v$$

Donc, (C'est l'équation de la continuité) :

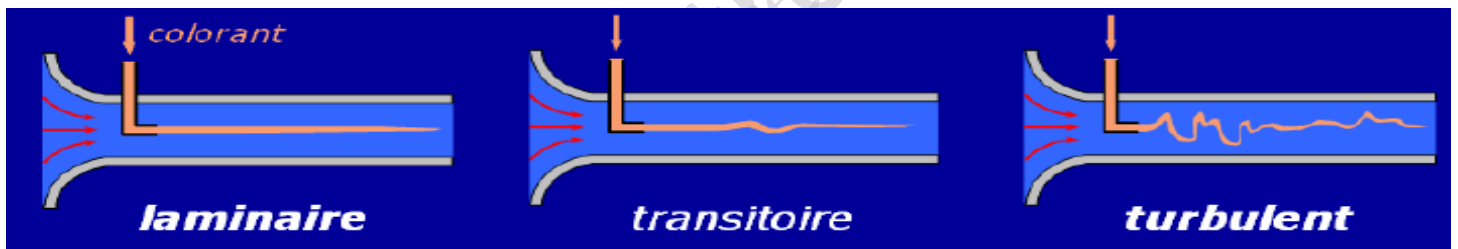
$$V1/V2 = S2/S1$$



II. Calcul de pertes de charge.

II.1. Les régimes d'écoulement :

Soit un courant d'eau qui circule dans une conduite à section circulaire. On introduit un filet de colorant dans l'axe de cette conduite. Selon la vitesse d'écoulement de l'eau, on peut observer les phénomènes suivants :



a) Vitesse faible

b) Vitesse plus élevée

c) Vitesse très élevée

- Pour des vitesses faibles, le filet colorant traverse le long de la conduite en position centrale.
- Pour des vitesses plus élevées, le filet colorant se mélange brusquement dans l'eau après avoir parcouru une distance.
- Pour des vitesses très élevées, le colorant se mélange immédiatement dans l'eau.

a. Régime laminaire : (cas a) le fluide s'écoule en couches cylindriques coaxiales ayant pour axe le centre de la conduite.

b. Régime transitoire : (cas b) c'est une transition entre le régime laminaire et ce lui turbulent.

c. Régime turbulent : (cas c) formation de mouvement tourbillonnant dans le fluide.

Cette expérience est faite par **Reynolds** en faisant varier le diamètre de la conduite, la température,

le débit, etc...., pour des divers fluides. La détermination du régime d'écoulement est par le calcul d'un nombre sans dimension appelé nombre de **Reynolds (Re)**.

$$Re = d \cdot V \cdot \rho / \mu = d \cdot V / \nu \quad \text{Ou :} \quad \nu = \mu / \rho$$

Avec :

d : diamètre de la conduite (en m)

v : vitesse moyenne d'écoulement (en m/s)

ρ : masse volumique du fluide (en kg/m³)

μ : coefficient de viscosité dynamique (en Pa.s)

$\nu = \mu / \rho$ coefficient de viscosité cinématique (en m²/s)

Si $Re < 2000$ le régime est laminaire

Si $Re > 3000$ le régime est turbulent

Si $2000 < Re < 3000$ le régime est transitoire

En pratique, pour conserver un écoulement laminaire dans les conduites, on admet les vitesses :

- 0,6 à 1,2 m/s à l'aspiration.
- 3 à 6 m/s au 3 à 6 m/s au refoulement.
- 2 à 3 m/s dans 2 à 3 m/s dans les retours.
- 1 à 1,5 m/s dans les 1 à 1,5 m/s dans les drains.

II.2.Relation de Bernoulli : La somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique du liquide reste constante le long de la canalisation ; c'est le **théorème de Bernoulli** (Voir cours mécanique des fluides 3L). Soient V_1 et V_2 les vitesses dans les deux sections S_1 et S_2 , P_1 et P_2 les pressions aux centres de gravité des deux sections, Z_1 et Z_2 l'altitude de ces deux points, ρ la masse volumique du liquide. Pour une masse du liquide égale à l'unité, le **théorème de Bernoulli** se traduit par l'égalité :

$$\underline{g \cdot Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = g \cdot Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} = C \quad \text{te}}$$

Cette quantité d'énergie s'appelle la Charge qui peut prendre trois formes :

1. *Variation d'énergie en Joule/Kg :*

$$g.(Z_1 - Z_2) + \frac{1}{\rho}(P_1 - P_2) + \frac{1}{2}(V_1^2 - V_2^2) = 0.$$

2. *Variation de pression en Pascal :*

$$\rho.g.(Z_1 - Z_2) + (P_1 - P_2) + \frac{1}{2}.\rho.(V_1^2 - V_2^2) = 0.$$

3. *Variation de niveau en mètre :*

$$(Z_1 - Z_2) + \frac{1}{\rho.g}(P_1 - P_2) + \frac{1}{2.g}(V_1^2 - V_2^2) = 0.$$

Remarque :

Dans cette charge on distingue trois formes de la pression :

- P : Pression statique qui est la pression communiqué par la pompe
- $\rho.g.h$: Pression due au poids de la colonne du liquide de hauteur h.
- $\rho.V^2 / 2$: Pression dynamique due à l'énergie cinétique du liquide.

II.3.Pertes de charges :

En réalité par suite des frottements des filets du liquide entre eux et contre les parois intérieures de la conduite d'écoulement, des remous produits par les variations brusques de section ou de direction, etc. le liquide ne conserve pas intégralement son énergie, une partie est dépensée pour vaincre les différents frottements, et cette partie se dissipe en chaleur, il se produit donc une diminution de vitesse ou de pression, donc d'énergie, cette perte est appelée « Perte de charge ».

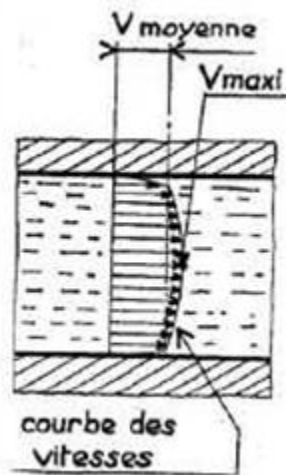
L'équation de Bernoulli s'écrit alors :

$$g.Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = g.Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + J = Cte$$

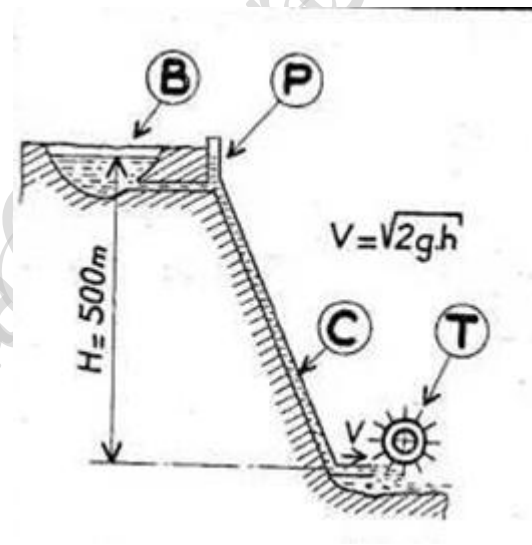
Où J est la perte de charge

Le frottement contre les parois est mis en évidence par le relevée des vitesses dans une section d'un liquide en déplacement (Fig.9), la vitesse est plus faible près des parois, par suite des frottements et maximale au centre, d'autre part cette inégalité des vitesses entre les filets liquides déterminent un frottement entre eux. La vitesse moyenne d'écoulement du liquide est:

$$V_{moy} = Q / S$$

**Exemple :**

Une conduite relie un lac artificiel à la turbine hydraulique, la surface du lac se trouve à 500 m au dessus de l'axe de l'injecteur de la turbine (Fig.10. La vitesse de l'eau à la sortie de l'injecteur devrait être $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 100 \text{ m/s}$, on constate qu'elle n'est que 90 m/s ce qui correspond à une hauteur de chute de 405 m. La perte de charge dans la conduite équivaut donc à une perte de hauteur de: $500 - 405 = 95 \text{ m}$.

**Applications :**

1. Une conduite de diamètre $d = 30 \text{ mm}$ débite 125 l/mn d'huile de viscosité cinématique $\nu = 6^\circ\text{E}$. Quelle est le régime d'écoulement.
2. Une pompe débite 90 l/mn d'huile hydraulique de masse volumique $\rho = 900 \text{ Kg/m}^3$ et de viscosité cinématique $\nu = 3,5^\circ\text{E}$ à 50°C .
 - a. Déterminer le diamètre de la conduite d'aspiration pour que la vitesse de l'huile soit égale à $0,8 \text{ m/s}$.

- b. Quelle est la nature de l'écoulement, la pompe étant placée à 1 m au dessus de la crépine.
- c. Vérifier que la perte de charge est acceptable.
 - $1^\circ\text{E} = 7,598 \text{ Cst}$ (degré Engler).
 - $1 \text{ Cst} = 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ (Cst: Centistoke).

II.4. Pertes de charges dans les conduites :

Les pertes de charge sont à l'origine : Pertes de charges linéaires J_l , et Pertes de charge locales (ou singulières) J_s .

$$J_T = J_l + J_s$$

a. Pertes de charges linéaires:

Des frottements entre les différentes couches de liquide et des frottements entre le liquide et la paroi interne de la conduite le long de l'écoulement : ce sont les pertes de charge régulières.

Dans une conduite de section constante, cette perte de charge est :

- Proportionnelle à la longueur L de la conduite.
- Inversement proportion au diamètre d de la conduite
- Approximativement proportionnelle au carré de la vitesse du fluide.
- Augmente avec la viscosité du fluide.
- Dépend de la nature et de l'état de la surface des parois internes de la conduite. Cette perte de charge est calculée par l'expression :

$$J_l = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

Avec : v : vitesse moyenne du fluide

λ : coefficient de perte de charge régulière. λ est un coefficient de la perte de charge qui dépend de la nature de l'écoulement et de l'état de surface de la paroi interne de la conduite. Pour déterminer le coefficient de perte de charge régulière λ , on fait souvent appel à des formules empiriques tel que :

- Si l'écoulement est laminaire $Re < 2000$, nous avons la loi de **Poiseuille** :

$$\lambda = 64 / Re,$$

Où : Re : est le nombre de Reynolds.

- Si l'écoulement est turbulent et $2000 < Re < 3000$ (régime transitoire), on a la loi de **Blasius**:

$$\lambda = 0.316 \cdot Re^{-0.25} \quad \text{ou :} \quad \lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}}$$

- Si l'écoulement est turbulent et $Re > 3000$, λ dépend seulement de la rugosité relative de la

conduite

$$\lambda = 0,79 \sqrt{\frac{\varepsilon}{d}}$$

- Rugosité relative = rugosité absolue / d = ε / d .

Donc : pour diminuer cette perte de charge, on a intérêt à :

- Limiter la vitesse du fluide.
- Adopter des conduites de grands diamètres.
- Utiliser des conduites à parois internes lisses.

b. Pertes de charge locales (ou singulières) :

De la résistance à l'écoulement provoqués par les accidents de parcours (vannes, coudes, etc....) ; ce sont les pertes de charge singulières ou localisés. Alors, tout obstacle qui détermine une déformation ou une déviation de la veine liquide (coudes, raccords, dérivation, etc....) est une cause de perte de charge locale qui s'ajoute aux pertes de charge linéaires. Cette perte de charge est d'autant plus grande que la déformation ou la déviation est plus grande. Cette perte de charge est calculée par l'expression :

$$J_s = k \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

Où k est un coefficient qui dépend de l'obstacle qui détermine la déformation ou la déviation de la veine liquide et qui peut être :

- Coude.
- Raccord.
- Dérivation.
- Élargissement.
- Etc....

Dans le cas d'un circuit qui présente n obstacles, la perte de charge singulière totale sera donc :

$$J_s = \rho \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot \frac{V^2}{2}$$

k_i est le coefficient de perte de charge de l'obstacle n° i


A la fin on peut conclure que : La perte de charge totale dans un dans un circuit hydraulique sera donc la somme de la perte de charge linéaire et de la perte de charge singulière.


$$J_T = J_l + J_s = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \rho \frac{V^2}{2} + \rho \cdot \frac{V^2}{2} \sum_{i=1}^n k_i$$

Exemple de coefficients de pertes de charge (K) locales :


Local Loss Coefficients

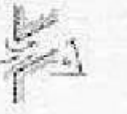
Use the equation $h_L = k v^2 / 2g$ unless otherwise indicated. Energy loss E_L equals h_L head loss in feet.

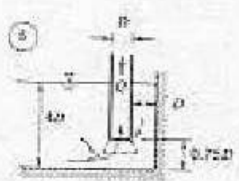
①  Perpendicular square entrance:
 $k = 0.50$ if edge is sharp.

②  Perpendicular rounded entrance:

$R/d =$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
$k =$	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04


③  Perpendicular reentrant entrance:
 $k = 0.8$

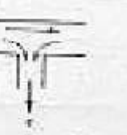
④  Additional loss due to skewed entrance:
 $k = 0.505 + 0.303 \sin \alpha + 0.226 \sin^2 \alpha$

⑤  Suction pipe in sump with conical mouthpiece:

$$E_L = D + \frac{5.6Q}{\sqrt{2gD^{1.5}}} - \frac{v^2}{2g}$$
 Without mouthpiece:

$$E_L = 0.53D + \frac{4Q}{\sqrt{2gD^{1.5}}} - \frac{v^2}{2g}$$
 Width of sump shown: $3.5D$
 (After I. Vágás)

⑥  Strainer bucket:
 $k = 10$ with foot valve
 $k = 5.5$ without foot valve
 (By Agroskin)

⑦  Standard Tee, entrance to minor line
 $k = 1.8$

III. Filtration d'air et à l'huile.

III.1. Définition des Filtres.

Un filtre est un système servant à séparer des éléments dans un flux. L'action du filtre consiste à retenir, supprimer, rediriger ou modifier les éléments indésirables du flux, et à en laisser passer librement les éléments utiles. Les filtres sont utilisés dans différents domaines.

III.2. Types et choix des filtres à air et à l'huile :

Le filtre à air permet de supprimer de l'air aspiré les plus grosses particules telles que les pollens qui risqueraient d'endommager le moteur. Pour conserver ses propriétés, il doit être remplacé régulièrement et d'autant plus fréquemment que l'air où circule le véhicule est poussiéreux (exemple : véhicule tout-terrain sur piste) ;

Le filtre à huile souvent placé sur le carter moteur ; il permet d'éliminer les particules contenues dans l'huile du moteur et qui proviennent, pour l'essentiel, de l'usure des pièces moteurs lubrifiées. Il doit être remplacé à chaque vidange afin de ne pas polluer l'huile neuve ;

Le filtre à carburant permet de ne pas faire circuler de particules dans le circuit d'alimentation de carburant, qui risqueraient de boucher les injecteurs de carburant. Il doit être remplacé d'autant plus fréquemment que le carburant risque d'être pollué par des matières solides (poussière, sable, etc.)

Le filtre à particules utilisé pour réduire la quantité de particules générées par la combustion du gazole dans le moteur et rejeté dans les gaz d'échappement des moteurs Diesel. Ce filtre doit être changé régulièrement pour éviter qu'il ne rejette les particules qu'il avait retenues.





III.3.Symbolisation :

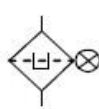
17. LES FILTRES



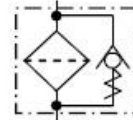
Filtre



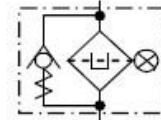
Avec élément magnétique



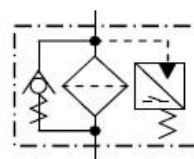
Avec élément magnétique et indicateur de pollution



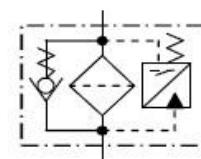
Avec by-pass incorporé



Avec by-pass incorporé, élément magnétique et indicateur de pollution



Avec indicateur de colmatage électrique (pour circuit de retour)



Avec indicateur de colmatage électrique (pour circuit pression)



Filtre à air (reniflard)