

Transmission de puissance hydraulique.

I Introduction.

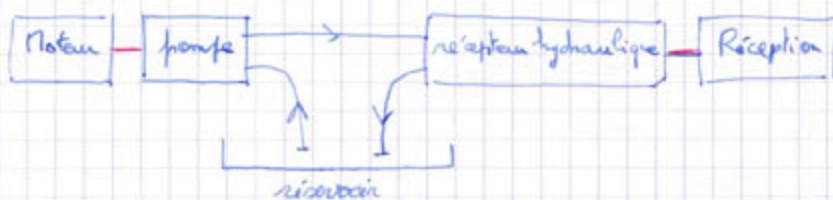
Étude des caractéristiques et des comportements des liquides.

- scalement dans les conduites
- contrôles hydroélectriques
- asservissements
- transmission de puissance

II Transmission de puissance hydraulique

1) Principe général

Transmission de l'énergie mécanique d'un moteur (électrique ou thermique) à un récepteur par l'intermédiaire d'un liquide.



Transmission hydrostatique

Énergie transmise sous forme d'énergie de pression.

La pompe augmente la pression ($p \approx 30 \text{ MPa}$,
 $\sigma \approx 5 \text{ à } 6 \text{ ms}^{-1}$)

Récepteur hydraulique = vérin ou moteur hydraulique.

Transmission hydrodynamique

Énergie transmise sous forme d'énergie cinétique

La turbine pompe accélère le fluide

($\sigma \approx 80 \text{ à } 100 \text{ ms}^{-1}$, $p = 0,5 \text{ MPa}$)

Récepteur hydraulique = turbine.

2) Puissance et réglage

- * puissance nécessaire : déterminée par le récepteur
- * puissance disponible : limitée par le moteur source d'énergie

L'interface hydraulique permet de modifier le couple (ou force) et la vitesse au récepteur par rapport à celle du moteur avec un rendement < 1

$$P_R < P_M$$

Réglage de vitesse : débit

Réglage des couples ou forces : frictions

3) Avantages - inconvénients

Avantages : grands couples

inconvénients : - poids
- fuites ...

III Transmissions hydrostatiques

Fluide sous pression

1) Le fluide

En général : huile minérale

- Viscosité : dynamique μ Pa.s
cinématique ν $m^2 s^{-1}$
relative

$$\nu \propto \mu / \rho \propto T^{-1}$$

$$\nu \propto \mu \propto p^{-1}$$

2) Le réservoir

- Stocker à l'abri des poussières.
- répartir l'huile
- décanter (séparer les solides)
- déémulsionner (séparer les gaz)

⇒ capacité = à 3 fois le volume débité en 1 ms
fig 5 et 6

3) Filtras et crépines.

Bonne étanchéité ⇒ jeux réduits ⇒ bon filtrage.

80% de pannes sont dues à un mauvais état du fluide hydraulique
(limaille, copeaux, laitier [oxydés], rouille, gomme au verni
⇒ joints oxydation de l'huile.

Installations courantes → 20 à 30 μm

serrevalvules → 5 à 10 μm

Crépine → 80 μm

fig 7 en néglige pas toute l'huile par le fuit.

⊖ de perte d'énergie

fonctionne dans les 2 sens.

1) Conduits et organes de liaisons.

a) Rappel

Nombre de Reynolds : $Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$

Perte de pression par frottement

$$\Delta p = j L = \lambda \frac{L}{D} \rho \frac{v^2}{2}$$

$$Re < 2400 \text{ laminaire } \lambda = \frac{64}{Re}$$

$$Re > 2400 \text{ Turbulent } \lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}}$$

b) dimensionnement des conduites

Diamètre intérieur : débit et vitesse

$$Q = v S = v \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Conduite sous pression : $v = 5 \text{ à } 6 \text{ m.s}^{-1}$

conduites de retour = $v = 2 \text{ à } 3 \text{ m.s}^{-1}$

plus $v \rightarrow$ grand plus il y aura des frottements - mais la pression sera forte.

conduits d'aspiration = $v = 0,6 \text{ à } 1,2 \text{ m.s}^{-1}$ (grande conduite)

chaînes = $v = 1 \text{ à } 1,5 \text{ m.s}^{-1}$

Diamètre intérieur : pression d'éclatement

$$p_{\text{écl}} = K p_{\text{service}}$$

$$4 < K < 6$$

c) Exemple



$$Q = v S = \frac{v \pi D^2}{4}$$
$$D =$$

$$\text{huile } \rho = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 0,25 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$$

- déterminer D pour avoir $v = 0,8 \text{ m.s}^{-1}$
- Nature de l'écoulement
- Calculer la pression à l'entrée de la pompe.

$$D = \sqrt{\frac{4 Q}{\pi v}} \quad \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}/\text{s}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{30}{60} \times 1000}{\pi \cdot 0,8}} \quad \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}/\text{s}}$$

$$= 0,0489 \text{ m} \quad D = 50 \text{ mm}$$

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{0,8 \times 0,05}{0,23 \times 10^{-4}} = 1600 \quad (\text{pas d'unités}).$$

$\frac{m^2/s}{m^2/s}$ Reçu comme en laminaire.

Bernoulli Mécanique entre A et E

$$\left(p_E + \rho g z_E + \frac{\rho v_E^2}{2} \right) - \left(p_A + \rho g z_A + \frac{\rho v_A^2}{2} \right) = -\Delta p_f$$

↓
perte par frottement.

$$z_E - z_A = h = 1 \text{ m}$$

$$v_E = v = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$p_A = p_{atm}$$

$$v_A = 0 \quad \text{vitesse de l'eau à la surface du réservoir}$$

$$\Delta p_f = \Delta p_{reg} + \Delta p_{sing}$$

↳ dans le appareil avec la conduite.

$$\Delta p_{reg} = \lambda \frac{L}{D} \rho \frac{v^2}{2}$$

avec $\lambda = \frac{64}{Re}$

$$\Delta p_{reg} = \frac{64}{1600} \cdot \frac{1}{0,05} \cdot 900 \cdot \frac{0,8^2}{2} = 230 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{sing} = \zeta \frac{\rho v^2}{2}$$

$$= 4 \times 900 \times \frac{0,8^2}{2} = 1150 \text{ Pa}$$

on reporte dans l'éq de Bernoulli

$$z_E - z_A = h = 1 \text{ m}$$

$$p_E = p_{atm} - \rho g h - \rho g h - \rho \frac{v^2}{2} - \Delta p_f$$

$$= p_{atm} - 900 \times 10 \cdot 1 - 900 \cdot \frac{0,8^2}{2} - 1380$$

$$= p_{atm} - 9000 - 290 - 1380$$

mettre la pompe
le plus près du
réservoir
ou en dessous
chaque

5) Les pompes

Transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique

a) Caractéristiques

Entrée : couple et vitesse de rotation

Sortie : débit et pression

* Débit théorique

$$Q_{th} = Cyl \cdot N$$

\uparrow l/min \uparrow tr/min

Cylindrée = volume débité en 1 tour.

* Débit Réel

$$Q_r = Q_{th} - Q_{fuites}$$

* Rendement volumétrique

$$\eta_{vol} = \frac{Q_r}{Q_{th}}$$

\uparrow éq

ex: une pompe débite 40 l/min à 1000 tr/min pour $p=0$
(lit)

Si p passe à 100 bar (10 MPa)

le débit n'est plus que de 32 l/min

$$\eta_{vol} = \frac{32}{40} = 0,8$$

à 2000 tr/min, pour $p=100$ bar,

$$Q_r = 70 \text{ l/min}$$

$$\eta_{vol} = \frac{70}{80} = 0,875$$

$$\uparrow Q_{th} \text{ à } 2000 \text{ tr} = 2 \times 40 = 80 \text{ l/min}$$

Lorsque $N \uparrow$ $Q \uparrow$ $\eta_{vol} \uparrow$ durée de vie \downarrow

durée de vie inversement proportionnelle $\propto \frac{N}{\tau^3}$

de couple

couple nécessaire à l'entraînement de la pompe.

Puissance mécanique en entrée : $C_R \omega$

=

Puissance hydraulique en sortie $Q_{th} p$

$$C_R = \frac{Q_{th} \tau}{\omega}$$

τ — m^3/s
 ω — $rad. s^{-1}$

$$\omega = \frac{\pi N}{60}$$

$$1 m^3 s^{-1} \rightarrow 60\,000 \text{ l/min}$$

$$Q \text{ en } m^3 s^{-1} = \frac{Q' \text{ en l/min}}{60\,000}$$

$$1 Pa \rightarrow 10^{-5} \text{ bar}$$

↑

$$\text{en Pa} = 10^5 p \text{ (en bar)}$$

on reporte dans l'équation.

$$C_R = \frac{Q'_{th} \cdot 10^5 p}{\frac{\pi N}{60}}$$

$$Q_{th} = C_R N$$

$$C_R = \frac{C_R \cdot N \cdot 10^5 p}{60\,000 \cdot \frac{\pi N}{60}}$$

$$C_R = \frac{100}{\pi} C_R p'$$

$$C_R = 15,92 \text{ Cyl } p'$$

Nm

bar

* Rendement mécanique

$$\eta_{\text{méca}} = \frac{C_{\text{utilisée}}}{C_{\text{th}}}$$

énergie perdue par frottements

* rendement global

$$\eta_{\text{glob}} = \eta_{\text{méca}} \times \eta_{\text{vol}}$$

* puissance

$$P_{\text{entree}} = \frac{P_{\text{sortie}}}{\eta_{\text{glob}}}$$

$$P_{\text{entree}} = \frac{Q_{\text{v}} \cdot t \cdot P_{\text{a}}}{\eta_{\text{glob}}}$$

m^3/s (pointing to Q_v)
 W (pointing to the whole equation)

$$1 W \rightarrow 10^{-3} kW$$

$$P(\text{en } W) = 10^3 P' \text{ en } kW$$

$$1 = 10^3 \times 10^{-3}$$

$$10^3 P' = \frac{Q_{\text{v}} \cdot t \cdot P_{\text{a}}}{\eta_{\text{glob}}}$$

l/min (pointing to Q_v)

$$P' = \frac{Q_{\text{v}} \cdot t \cdot P_{\text{a}}}{600 \eta_{\text{glob}}}$$

bar (pointing to P_a)
 kW (pointing to the whole equation)

ex: une pompe débit 114 l/min à 2400 tr/min
pour $p = 210 \text{ bar}$

On voit l'entraine à 1460 tr/min

pour $p = 210$ bar

on veut à 1460 tr/min
l'entraînement

$$\eta_{\text{meca}} = 0,9$$

Calculer la puissance du moteur électrique d'entraînement
on fait l'hypothèse que

$$\eta_{\text{vol}, 1460} = \eta_{\text{vol}, 2400}$$

$$\eta_{\text{vol}, 2400} = \frac{114}{49 \times 10^{-3} \times 2400} = 0,97$$

$$Q_{z, 1460} = \eta_{\text{vol}, 1460} Q_{th, 1460}$$

$$= 0,97 \times 49 \times 10^{-3} \times 1460 = 69 \text{ l/min}$$

$$P_{\text{entraie}} = \frac{Q' t'}{600 \eta_{\text{glob}}}$$

$$= \frac{69 \times 210}{600 \times (0,97 \times 0,9)} = 27,7 \text{ W}$$

ou bien

$$P_{\text{entraie}} = \frac{Q t}{\eta_{\text{global}}}$$

$$= \frac{69}{60000} \times 210 \times 10^5$$

$$= 27700 \text{ W}$$

6) Régulateur de pression

Sécurité

a) soupape de sécurité



b) soupape de réduction de pression



maintient la pression du circuit secondaire constante

c) Soupape de séquence



7) Régulateur de débit

Clapet anti-retour

distributeur

(voir poly)

8) Vis à vis.

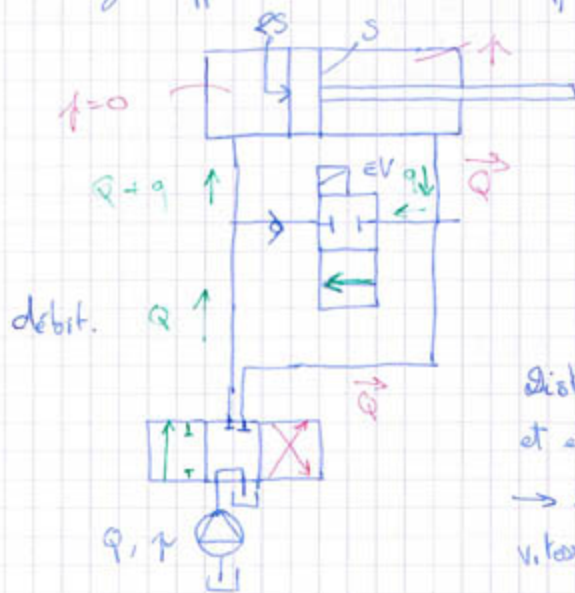
transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique → mit de translation

[simple ou double effet] [à piston plongeur] [télescopique]

Véin différentiel $S_1 = 2S_2$



Montage différentiel d'un véin différentiel



Distributeur à gauche (rouge)
et électrovanne en position 0 (rouge)

→ entrée du véin

vit. de rentrée: $v_2 = \frac{Q}{S}$

Force de rentrée: $F_2 = pS$

Distributeur à droite (vert)

et électrovanne en position 1 (vert)

→ sortie du véin

vit. de sortie: $v_0 = \frac{Q+q}{2S}$

ou $q = v_0 S$

donc $v_0 = \frac{Q + v_0 S}{2S} = \frac{Q}{2S} + \frac{v_0}{2}$

$v_0 = \frac{Q}{S}$ Force d'inertie: $\frac{2p_0}{2} \rightarrow \frac{p_0}{1}$

$F_0 = 2p_0 S - p_0 S = p_0 S$

Dimensionnement d'un véin

Caractéristiques:

- ϕ alésage
- ϕ tige
- fixations.
- course.
- pression de service.
- matériaux.

3) Élévation

2 vélos

charge 10 000 kg

$$\Rightarrow M = 5000 \text{ kg / vélin}$$

course = 1,5 m



$$v_0 \frac{dv}{dt} = a = \int v dt = \text{aire sous la courbe de vitesse}$$

$$\text{course} = \underbrace{v_0 \cdot 12}_{\text{phase constante}} + \frac{1}{2} v_0 \cdot 1 + \frac{1}{2} v_0 \cdot 1$$

$$\begin{aligned} \text{course} &= v_0 \cdot 12 + \underbrace{\frac{1}{2} v_0 \cdot 1}_{\text{accélération}} + \underbrace{\frac{1}{2} v_0 \cdot 1}_{\text{freinage}} \\ &= 13 v_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,5 \text{ m} &= 13 v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{1,5}{13} \\ &= 0,11 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

Force exercée sur le vélin

→ pendant la phase d'accélération

$$F = M(g + a)$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{dv}{dt} = \text{pente du diagramme de vitesse} \\ &= \frac{v_0}{1} = \frac{0,11}{1} = 0,11 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

$$F = M(0,98 + 0,11)$$

$$\approx M \times 10 = 5000 \text{ N soit } 5000 \text{ daN}$$

Section du vélin.

ou g d.

Section du réin

$$S = \frac{F}{\sigma + \eta} = \frac{5000 \text{ daN}}{150 \times 0,99}$$

$$S = 37 \text{ cm}^2$$

Standard ϕ + pèche $\rightarrow \phi = 80 \text{ mm}$

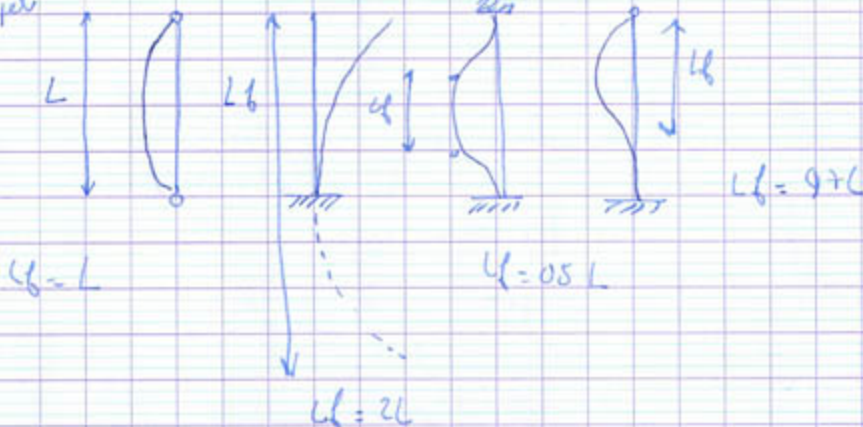
ϕ Age \rightarrow 45 ou 56

Flambement

longueur libre flambement

$l_f = k \cdot L$ ← longueur réelle de tige (course)

Rappel



Pour le réin

$k \rightarrow$ voir tableau
ici $k = 2$

$$l_f = k \times \text{course}$$

$$l_f = 2 \times 1,5 = 3 \text{ m}$$

Alors l_f tige > 56 !
F

Il faut changer le 3000 mm, car on joue sur le
dans la fixation.

→ Fixation à l'avant

→ au lieu d'axe de fixation à l'arrière.

3) de moten hydraulique

Transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique

→ mouvement de rotation

grande puissance et grande souplesse en couple et en vitesse.

2) caractéristiques

* cylindrique

* couple

théorique:

$$C_{th} = 15,9 \frac{Q \Delta p}{n \cdot 10^6} \quad \left(\frac{l^3}{m^3} \right) \quad \Delta p \quad \text{bar}$$

$$\text{réel: } C_{re} = \eta_{glob} C_{th}$$

$$\uparrow$$
$$\eta_{méca} \times \eta_{vol}$$

de démarrage:

$$C_d = 65 \text{ à } 85\% \text{ de } C_{re}$$

* puissance:

$$P_r = \frac{Q \Delta p}{600} \eta_{glob}$$

b) Technologie

ressemble aux pompes.