

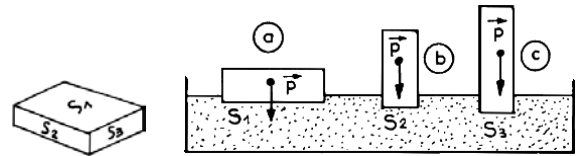
EXERCICES D'APPLICATION

Pour l'application numérique travailler avec : $\pi = 3,14$

FORCE PRESSANTE - PRESSION

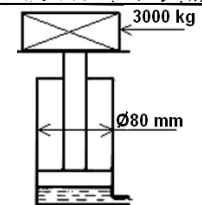
Ex1- La pièce de masse 10 kg repose sur du sable fin et sec avec : $S_1 = 50 \text{ cm}^2$; $S_2 = 15 \text{ cm}^2$; $S_3 = 10 \text{ cm}^2$.

- 1- Calculer les pressions P_1 ; P_2 ; P_3 en Pa, bar, et en daN/cm² ?
- 2- Conclure.



Ex2- Sur la tige d'un vérin on place une masse de 3000 kg, l'alésage du cylindre du vérin est de 80 mm

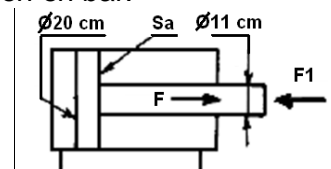
- 1- Calculer la force pressante exercée sur l'huile ?
- 2- Calculer la surface pressée ?
- 3- Calculer la pression en Pa, en bar ?



Ex3- La section du piston d'une presse étant de 300 cm^2 ($\varnothing \approx 20 \text{ cm}$) et la pression étant de 200 bars. Calculer la force de cette presse en daN et N ?

Ex4- Une force de 10 tonnes s'exerce sur un vérin de $\varnothing 10 \text{ cm}$. Calculer la pression en bar.

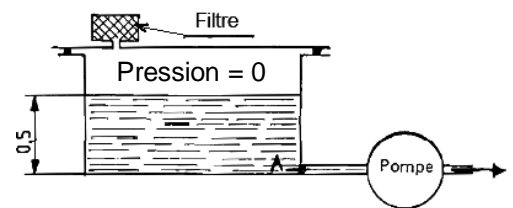
Ex5- La pression de travail est de 250 bar. Quelle est la force pressante F ? Le poids de l'équipage outil + piston + tige est de 2000 daN. Quelle est la pression nécessaire pour maintenir cette charge F_1 ?



Ex 6- Une pompe hydraulique tourne à 1500 tr/min dans un circuit hydraulique de 40KW. Le vérin à une surface de 10 cm^2 . La pression de service du circuit est réglée à 300 bars. Calculer la vitesse de sortie et la force disponible du vérin.

PRESSION DANS UN LIQUIDE AU REPOS

Ex7- Un réservoir pour circuit hydraulique est rempli d'huile à une hauteur de 0,50 m et $g = 10 \text{ m/s}^2$. Quelle est la pression exercée par l'huile sur le fond du réservoir en A, départ vers la pompe ($\rho = 900 \text{ kg/m}^3$).



ÉQUATION DE LA STATIQUE DES FLUIDES : LIQUIDE NON MISCIBLES

Ex8- Deux vases A_1 et A_2 de sections $S_1 = 50 \text{ cm}^2$ et $S_2 = 10 \text{ cm}^2$, dont les bases sont dans un même plan horizontal, communiquent par un tube fin de volume négligeable, muni d'un robinet R initialement fermé. On verse un litre de mercure dans A_1 et 0,5 litres de mercure dans A_2 .

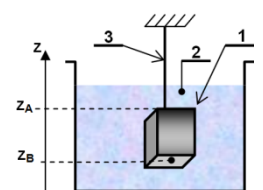
- 1- Déterminer les déplacements x_1 et x_2 des deux niveaux de mercure lorsqu'on ouvre le robinet.
- 2- On verse ensuite 1,5 litres d'alcool dans le vase A_1 . Déterminer à l'équilibre :
 - a- Le déplacement du niveau de mercure dans le vase A_2 .
 - b- La dénivellation entre les deux surfaces libre dans A_1 et A_2 .
- 3- Quel volume d'acide sulfurique faut-il maintenant ajouter dans le vase A_2 pour que :
 - a- Les deux surfaces libres soient dans un même plan horizontal.
 - b- Les surfaces de mercure soient dans un même plan horizontal.

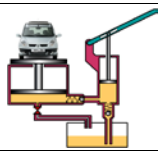
On donne : $\rho_{\text{mercure}} = 13,60 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{\text{alcool}} = 0,79 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{\text{acide sulfurique}} = 1,84 \text{ g/cm}^3$.

THÉORÈME D'ARCHIMÈDE

Ex9- Soit un cube de métal 1 d'arête a et de masse volumique $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$. Ce cube est suspendu par un fil 3 à l'intérieur d'un récipient contenant un fluide 2 de masse volumique $\rho = 820 \text{ kg/m}^3$. Soient A et B le centre des faces horizontales du cube ; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $a = 0,1 \text{ m}$.

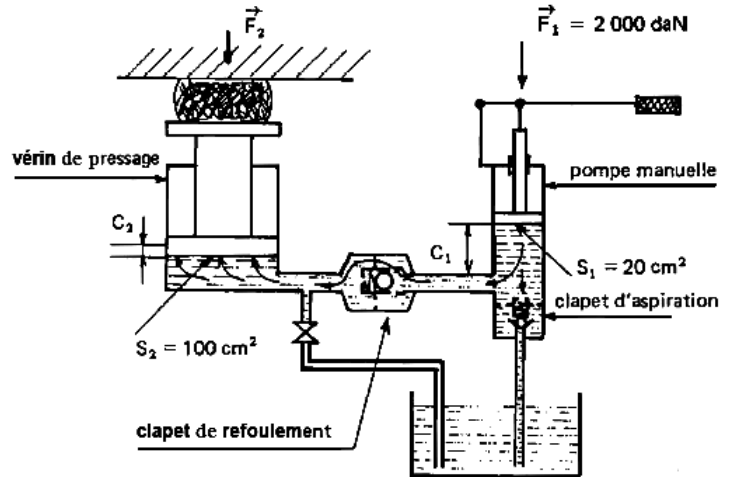
- 1- Calculer la tension T du fil 3 (utiliser la relation fondamentale de l'hydrostatique) ?
- 2- Même question en utilisant le théorème d'Archimède ?





PRINCIPE DE PASCAL

- Ex10-** Dans la presse hydraulique ci-contre,
a- Calculer la pression sur le petit piston ?
b- Et par le principe de Pascal, Calculer la force sur le grand piston.

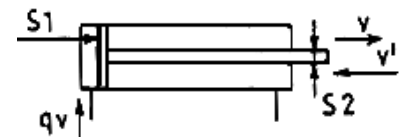


VITESSE - DÉBIT- ÉQUATION DE CONTINUITÉ

- Ex11-** De l'huile ayant pour viscosité cinématique $\nu = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, circule dans une canalisation de $\text{Ø}d = 20 \text{ mm}$
Calculer le débit volumique maximal de cette huile pour que l'écoulement reste laminaire.

- Ex12-** Le piston d'un vérin a une surface de 40 cm^2 . Ce vérin reçoit un débit de 24 l/min . **Quelle** est :

- 1- La vitesse V de déplacement en sortie de tige.
- 2- La durée de la course si celle-ci fait 20 cm .
- 3- La vitesse V' pour la rentrée de tige, avec un même débit q_v ; ($S_2=15 \text{ cm}^2$)



- Ex13-** La tuyère d'arrivée de l'eau dans une turbine hydraulique, est un tronc de cône de longueur 400 mm et de sections extrêmes entrée du fluide $S_1 = 0,03 \text{ m}^2$; sortie du fluide $S_2 = 0,01 \text{ m}^2$.
 L'eau entre à la tuyère à la célérité $C_1 = 4 \text{ m/s}$.

- 1- **À quelle** vitesse l'eau sort-elle de la tuyère ?
- 2- **Quel** est le débit massique de la tuyère ?

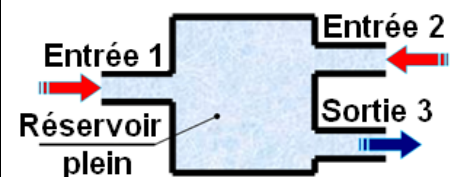
- Ex14-** **Quelle doit** être la section d'une conduite qui doit transporter $0,2 \text{ m}^3$ d'eau par seconde à la vitesse de 5 m/s ?

- Ex15-** Une conduite transporte $0,25 \text{ m}^3$ d'eau par seconde, le diamètre de cette conduite est 200 mm .
Quelle est la vitesse d'écoulement de l'eau ?

- EX16-** Un réservoir plein est alimenté par les canalisations (1) et (2) ; la vidange est assurée par la conduite (3). Il y a continuité du débit entre les (3) canalisations.

Déterminer la célérité d'entrée C_2 et les débits ?

Canalisation	Entrée 1	Entrée 2	Sortie 3
Diamètre	100 mm	80 mm	120 mm
Masse volumique	700 kg/m^3	700 kg/m^3	700 kg/m^3
Célérité	5 m/s	?	8 m/s



TRAVAIL ET RENDEMENT

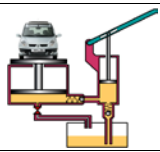
- Ex17-** Un moteur de puissance utile 800 W a dépensé 960 W . **Calculer** son rendement.

- Ex18-** Un moteur de 3 cv (rendement 70%) a fonctionné pendant 10 min , **quelle** est l'énergie dépensée.

- Ex19-** On veut lever une masse de 300 kg de 8 m en 10 s . On utilise une machine de rendement 50% entraînée par un moteur électrique de rendement 80% .

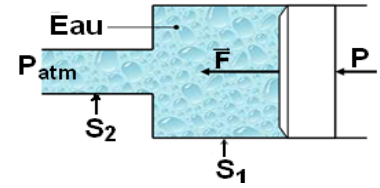
Calculer la puissance utile du moteur en cv. La puissance électrique. Le rendement global de l'installation.

- Ex20-** On lève une charge de 8000 N de 1 m en 20 s . $\eta_{\text{global}} = 0,8$. **Calculer** l'énergie dépensée.



DYNAMIQUE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES

EX21- On donne $S_1 = 100 \text{ cm}^2$; $S_2 = 2 \text{ cm}^2$ et $C_2 = 10 \text{ m/s}$. Calculer F ?



PUISSANCE D'UN VÉRIN - PUISSANCE D'UNE POMPE

EX22- Un vérin Double effet a pour section côté piston 40 cm^2 . Il reçoit un débit q_v de 36 l/min . La pression de service est de 80 bars . Calculer :

- 1- La puissance fournie par le vérin
- 2- La puissance nécessaire au récepteur sachant que le rendement global de l'installation est de 60% .

EX23- On doit lever une masse de 3 tonnes à la vitesse de 2 m/min ., la pompe fournit une pression de 50 bars . Calculer :

- 1- La puissance de la pompe
- 2- Le diamètre du vérin
- 3- Le débit de la pompe.

EX24- Un vérin de force 78500 N doit effectuer une course de 30 cm en $1,5 \text{ s}$. La pression de service est de 100 bars . On demande :

- 1- La puissance du vérin
- 2- Son diamètre
- 3- Le débit nécessaire
- 4- La puissance du moteur électrique d'entraînement de la pompe, le rendement global de cette dernière étant de 80% .

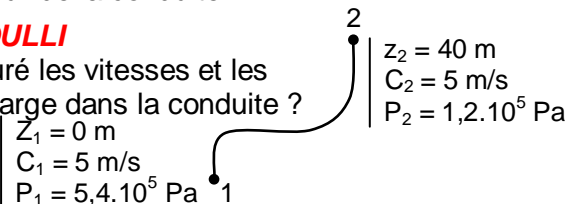
EX25- Soit une conduite lisse rectiligne de diamètre $d = 20 \text{ mm}$ dans laquelle circule une huile de viscosité cinématique $\nu = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ avec un débit de $0,5 \text{ l/s}$.

- 1- Calculer le nombre de Reynolds et indiquer la nature de l'écoulement ?
- 2- Calculer la perte de charge systématique par mètre de longueur de la conduite ?

ÉQUATION DE BERNOULLI

EX26- Dans une conduite simple de section constante on a mesuré les vitesses et les pressions à l'entrée et à la sortie. Évaluer les pertes de charge dans la conduite ?

- 1- En hauteur d'eau Δz ;
- 2- En unité de pression ΔP .



EX27- Une pompe à eau est utilisée pour faire passer de l'eau d'un réservoir A d'altitude $z_1 = 0 \text{ m}$ à un réservoir B d'altitude $z_4 = 12 \text{ m}$. À la sortie de la conduite (en 4) on mesure la vitesse de l'eau $C_4 = 4 \text{ m/s}$; on donne $P_{atm} = 10^5 \text{ Pa}$; section de la conduite $S = 0,002 \text{ m}^2$

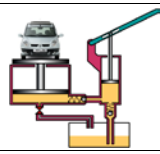
- 1- Quel travail la pompe fournit-elle à chaque kilogramme d'eau qui la traverse ?
- 2- Quel est le débit massique et volumique de la pompe ?
- 3- Quelle est la puissance absorbée par la pompe ?

EX28- Soit une conduite rectiligne de diamètre $d = 120 \text{ mm}$ dans laquelle circule de l'eau de viscosité cinématique $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, avec un débit de 20 l/s . La conduite est en acier soudé de coefficient de perte de charge $\epsilon = 0,2 \text{ mm}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ et la rugosité conventionnelle $\lambda = 0,79 \sqrt{\frac{\epsilon}{d}}$

- 1- Calculer le nombre de Reynolds et indiquer la nature de l'écoulement ?
- 2- Calculer la perte de charge régulière par mètre de longueur de la conduite ?
- 3- Calculer pour 100 m de conduite la perte de charge ΔP (bar) et Δz (m) ?

EX29- Une huile de graissage a une viscosité cinématique $\nu = 16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, de masse volumique $\rho_{huile} = 900 \text{ kg/m}^3$. Cette huile parcourt un circuit de hauteur 3 m et de $\varnothing 10 \text{ mm}$. Elle doit arriver à l'extrémité du circuit avec une célérité de 1 m/s .

- 1- Calculer le nombre de Reynolds et indiquer la nature de l'écoulement ?
- 2- Calculer les pertes de charge régulières dans le conduit ?
- 3- Quelle doit être la pression à l'entrée du circuit (sortie de la pompe à huile) ?



Ex30- Soit une conduite rectiligne de diamètre $d = 8,8 \text{ mm}$ dans laquelle circule de l'huile de viscosité cinématique $\nu = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, de masse volumique $\rho_{\text{huile}} = 820 \text{ kg/m}^3$ avec un débit de 15 l/min .

- 1- Calculer le nombre de Reynolds et indiquer la nature de l'écoulement ?
- 2- Calculer la perte de charge régulière par mètre de longueur de la conduite ?
- 3- Calculer la puissance absorbée par les pertes de charge pour 10 m de conduite ?

Ex31- Une station d'alimentation d'un château d'eau utilise une pompe de puissance nette $\mathcal{P}_n = 12 \text{ kW}$ capable de débiter 14 l/s à une célérité de 4 m/s . La conduite de refoulement provoque une perte charge régulière de $0,12 \text{ mètre d'eau par mètre}$. On donne : $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ et on suppose que $P = P_0 = \text{cte}$. La conduite de refoulement est verticale et on pose $L = z_2 - z_1$.

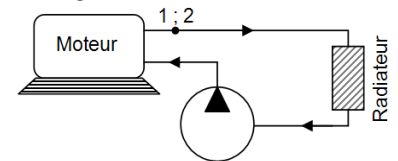
- 1- Calculer le travail échangé W_{1-2} entre 1 et 2 ? (la pompe est au niveau du canal 1).
- 2- Exprimer la perte de charge J_{1-2} en fonction de longueur ($z_2 - z_1$) de la conduite de refoulement ?
- 3- Quelle différence d'altitude ($z_2 - z_1$) peut être atteinte au maximum par cette station ?

Ex32- Soit à remplir un château d'eau à l'aide d'une pompe située au niveau du sol. On donne : altitude du château d'eau 80 m ; la pression à l'entrée de la pompe est de 10^5 Pa ; pression à la sortie de la conduite dans le château est de P_{atm} ; section de la conduite de refoulement est de 90 cm^2 ; puissance de la pompe est de 200 kW ; on mesure la célérité de circulation de l'eau dans la conduite de refoulement est de 15 m/s .

- 1- Quel est le débit volumique de l'installation ?
- 2- Quelle est la perte de charge de l'installation (évaluer en hauteur d'eau) ?

Ex33- Dans un moteur d'automobile, la circulation du liquide de refroidissement se fait en circuit fermé. Le débit de la pompe est $q_v = 1,2 \text{ l/s}$. Les pertes de charge de ce circuit sont importantes et on évalue leur somme en différence de pression $\Delta P = 0,4 \text{ bar}$. On donne $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

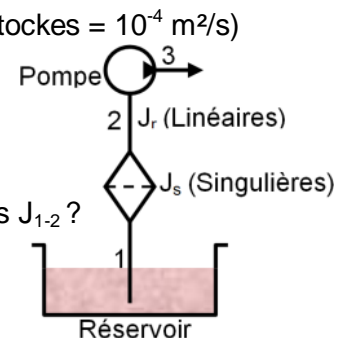
- 1- Écrire l'équation de Bernoulli entre 1 et 2, et montrer que le travail W_{1-2} de la pompe est utilisé uniquement pour vaincre les pertes de charge J_{1-2} ?
- 2- Calculer le travail W_{1-2} de la pompe ?
- 3- Calculer la puissance nette P_n de la pompe et sa puissance absorbée P_a si on estime son rendement à $0,78\%$



Ex 34- On donne le schéma d'une conduite d'aspiration d'une pompe à engrenage à un seul sens de flux.

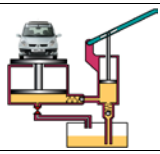
- Le débit de cette pompe est $q_v = 1 \text{ l/s}$;
- La longueur de la conduite d'aspiration 1-2 est $L = 4 \text{ m}$ et son diamètre intérieur est $d_{\text{int}} = 27,3 \text{ mm}$;
- Le filtre entraîne des pertes de charge singulières de : $- 5 \text{ J/kg}$;
- La différence de niveau est : $z_2 - z_1 = 0,8 \text{ m}$;
- Les caractéristiques de l'huile pompée est : $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 0,45 \text{ St}$ ($1 \text{ St} = 1 \text{ Stockes} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)
- L'accélération de la pesanteur est $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

- 1- Calculer la vitesse d'écoulement du fluide dans la conduite d'aspiration ?
- 2- Calculer le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement ?
- 3- Calculer le coefficient de perte de charge λ , sachant que $\lambda = 64/Re$?
- 4- Calculez les pertes de charge linéaire J_r et en déduire les pertes de charge totales J_{1-2} ?
- 5- Calculez la pression P_2 à l'entrée 2 de la pompe. On donne $J_{1-2} = - 18 \text{ J/kg}$



Ex35- Soit une conduite **horizontale** de diamètre intérieur $d_{\text{int}} = 105,6 \text{ mm}$ et de longueur $L = 4 \text{ km}$. Le fluide transporté a pour caractéristiques : $\rho = 0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 2 \text{ St}$ ($1 \text{ St} = 1 \text{ Stockes} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$) et $Q_v = 1200 \text{ l/s}$. Les pertes de charge J_{12} dans la conduite sont de $-5,22 \text{ kJ/kg}$

- 1- Calculer la vitesse d'écoulement du fluide dans la conduite ?
- 2- Calculer le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement ?
- 3- Calculer le travail W_{1-2} fourni par la pompe, sachant que $P_1 = P_2$?
- 4- Calculer la puissance $\mathcal{P}_{\text{pompe}}$ de la pompe ?

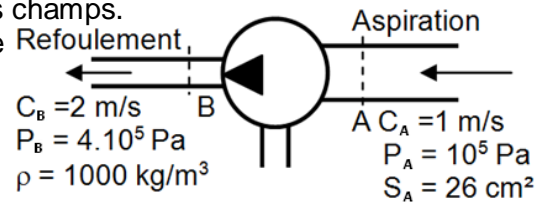


Applications

Calcul d'une pompe

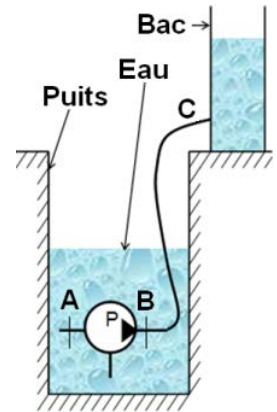
App1- On installe sur un barrage une pompe rotative pour irriguer les champs.

- 1- Calculer la section S_2 de la conduite de refoulement ; sachant que le type de pompe employée assure un écoulement permanent ?
- 2- Calculer le débit volumique de cette pompe ?
- 3- Déterminer le travail échangé entre A et B ; en déduire la puissance de la pompe ?



App2- Une pompe à une puissance de 1kW est immergée dans un puits, et assure un débit de 7,2 m³/h. Supposons qu'en A (entrée de la pompe) et en C (entrée du tube de refoulement dans le bac), l'eau est à la pression atmosphérique P_0 ($P_0 = P_{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$). Le tube de refoulement BC à une section constante égale à 800 mm²

- 1- Calculer le débit massique de la pompe.
- 2- Quelle est la vitesse d'écoulement de l'eau dans le tube BC.
- 3- Quel travail la pompe échange-t-elle avec 1kg d'eau qui la traverse.
- 4- Quelle est la pression de l'eau à la sortie B de la pompe ($g = 10 \text{ m/s}^2$).
- 5- Quelle est la différence de niveau entre les 2 extrémités B et C.

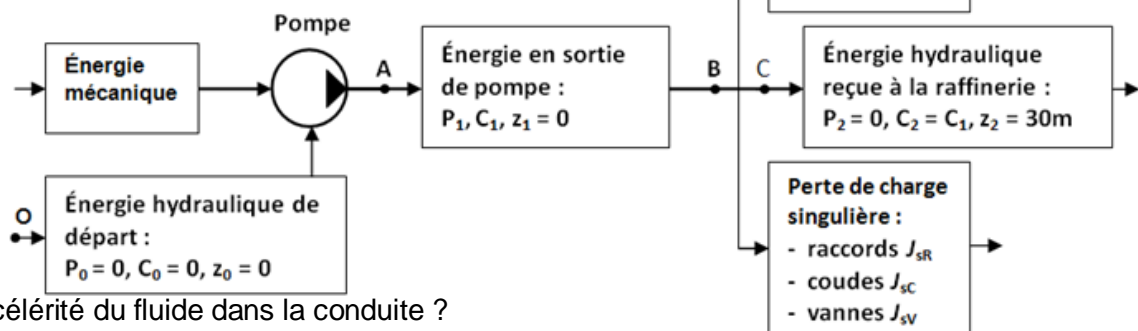


ACHEMINEMENT DE L'HYDROCARBURE

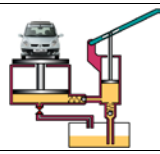
App3- Une conduite de diamètre $d = 150 \text{ mm}$ permet de transférer un produit pétrolier de masse volumique $\rho = 0,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ et de viscosité dynamique $\mu = 0,3 \text{ Poiseuille}$ depuis un terminal portuaire (altitude $z_1 = 0 \text{ m}$) jusqu'à une raffinerie distante de $L = 20 \text{ km}$ et d'altitude $Z_2 = 30 \text{ m}$. Le débit doit être $Q_v = 30 \text{ litre/s}$. Cet oléoduc est formé de tubes d'acier raccordés tous les cinq mètres. Le coefficient de perte de charge au niveau de chaque raccord est évalué expérimentalement à $\epsilon_R = 10^{-3}$. On rencontre le long de l'installation cinq vannes de sécurité qui, en position ouverte ont un coefficient de perte de charge $\epsilon_V = 0,1$ et trente coudes à 90° dont le rayon est $r = 400 \text{ mm}$, ϵ_C est déterminé par la relation suivante :

$$J = \left[0,13 + 1,85 \left(\frac{d}{2r} \right)^{3,5} \right] \cdot \frac{\alpha^\circ}{180} \cdot C_1^2$$

Le rendement hydromécanique de la pompe est $\eta = 50,465\%$.
Schéma du flux énergétique le long du trajet de l'hydrocarbure.



- 1- Calculer la célérité du fluide dans la conduite ?
- 2- Déterminer le type de l'écoulement ?
- 3- Évaluer les pertes de charges régulières ?
- 4- Évaluer les pertes de charges singulières ?
- 5- Calculer la pression de pompage avec et sans les pertes de charges ?
- 6- Calculer l'énergie massique de pompage et la puissance mécanique ?
- 7- Comparer les deux puissances et conclure ?



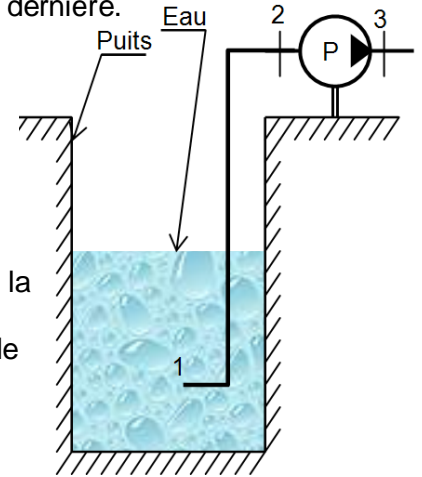
App4- Une pompe est installée à la sortie d'un puits et aspire l'eau dans celui-ci, l'eau est rejetée immédiatement à la sortie de la pompe et utilisée pour l'irrigation. La conduite d'aspiration et de refoulement ont le même diamètre d et la hauteur d'eau entre 1 et 2 est $z_2 - z_1 = 5$ m. Le choix de la pompe doit être fait de telle façon que le débit volumique de celle-ci soit $q_v = 4,5$ l/s. Dans la conduite, la vitesse de l'eau doit être égale à environ 1,5 m/s valeur définie par l'usage et la pression absolue P_2 à l'entrée de la pompe ne doit pas être inférieure à 0,4 bar sous peine de provoquer un phénomène de ***cavitation***, néfaste à la durée de vie de la pompe. On note J_{1-2} la perte de charge régulière dans la conduite 1-2 et $J_{2-3} = 0,15$ J/kg la perte de charge singulière (estimée) dans la pompe. On estime également à $\eta = 0,94$ le rendement de cette dernière.

Données et hypothèses :

- ♦ La pression atmosphérique est supposée constante : $P_3 = P_1 = P_0 = 1$ bar.
- ♦ Pour l'eau : $\rho = 10^3$ kg/m³ et $\nu = 10^{-6}$ m²/s.
- ♦ On suppose que $z_3 = z_2$ et que $g = 9,81$ m/s².

Questions :

- 1- Calculer le diamètre d des conduites d'aspiration et de refoulement ?
- 2- Calculer le nombre de Reynolds, **en déduire** la nature de l'écoulement ?
- 3- Calculer la perte de charge régulière J_{1-2} dans la conduite d'aspiration dont la longueur égale $z_2 - z_1 = 5$ m ?
- 4- Calculer la pression P_2 à l'entrée de la pompe et **vérifier** que la condition de non cavitation est respectée ?
- 5- Calculer la puissance nette de la pompe ?
- 6- Calculer la puissance absorbée par celle-ci ?



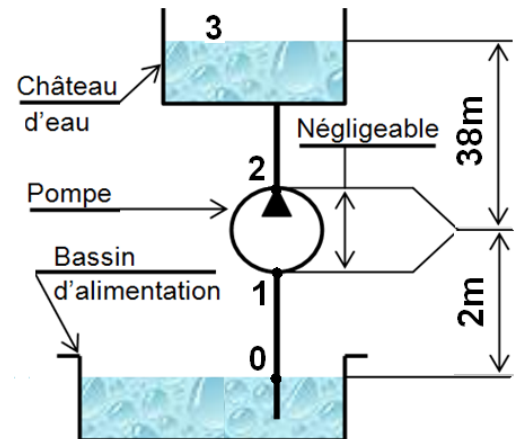
App5- Une pompe, située 2 m au-dessus d'un bassin d'alimentation, doit élever de l'eau dans un château d'eau dont le niveau est à 40 m. Elle doit débiter 30 l/s grâce à des canalisations de $\varnothing d = 100$ mm. On estime les pertes de charges à 0,1m par mètre de ***dénivelée***.

- 1- Calculer la vitesse du fluide dans la canalisation ; et indique la nature de l'écoulement ?
- 2- Calculer la puissance minimale de la pompe ?
- 3- Calculer les pressions à l'entrée et à la sortie de la pompe ?

Hypothèses : - $P_{atm} = P_{amb} = 10^5$ Pa

- $g = 9,81$ m/s²

- Les niveaux du bassin d'alimentation et du château d'eau restent constants



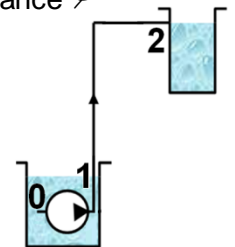
App6- Une station d'alimentation d'un château d'eau utilise une pompe immergée de puissance \mathcal{P} à déterminer. Cette pompe refoule l'eau dans une conduite verticale de hauteur $L = z_2 - z_1 = 40$ m et de diamètre $d = 120$ mm.

La vitesse d'écoulement dans la conduite est : $C_2 = C_1 = 5$ m/s. les pressions d'eau (absolues) mesurées avec un manomètre en 0, 1, 2 sont :

$P_0 = 10^5$ Pa (pression atmosphérique) ; $P_1 = 5,4 \cdot 10^5$ Pa ; $P_2 = 1,2 \cdot 10^5$ Pa.

On donne la viscosité cinématique de l'eau : $\nu = 10^{-6}$ m²/s.

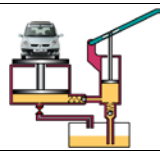
On néglige les pertes de charge singulières et on donne : $g = 10$ m/s².



- 1- Calculer, par kilogramme d'eau, la perte de charge linéaire entre les sections extrêmes 1 et 2 de la conduite ? Exprimer cette perte de charge, en hauteur d'eau Δz , et en variation de pression ΔP ?
- 2- Calculer le nombre de Reynolds dans la conduite et en déduire la nature de l'écoulement ?
- 3- Calculer le coefficient λ de perte de charge linéaire dans la conduite ?
- 4- Calculer le travail échangé entre la pompe et la masse de un kilogramme d'eau qui la traverse ? On néglige les pertes de charge singulières dans la pompe.
- 5- Calculer le débit volumique et le débit massique de la pompe ?
- 6- Le rendement de la pompe est donné par le constructeur : $\eta = 0,85$, **calculer** la puissance absorbée \mathcal{P}_a ?

*Cavitation : remplies de vapeur ou de gaz.

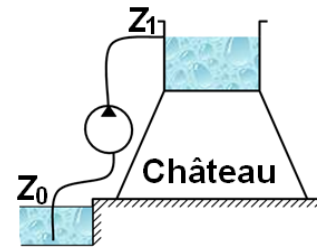
*Dénivelée : Différence d'altitude entre deux points.



App7- Une pompe de puissance 1 kW est utilisée pour faire passer de l'eau d'un réservoir d'altitude $z_0 = 0$ m à la partie supérieure d'un château d'eau pour lequel $z_1 = 25$ m. La section de la conduite est $S = 25\text{cm}^2$, la célérité de l'eau à la sortie de la conduite est $C_1 = 1$ m/s.

Données : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\mathcal{P}_{\text{absorbée}} = 1053 \text{ Watts}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- 1- Quel est le débit volumique de la pompe ?
- 2- Quelle est la perte de charge totale exprimée en hauteur d'eau ?
- 3- Quel est le rendement de l'installation ?

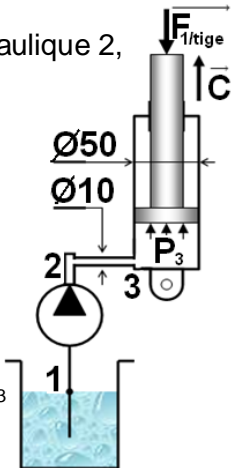


Calcul d'une pompe et d'un vérin

App8- En période de réglage en hauteur de l'élevateur, une pompe alimente un vérin hydraulique 2, (dont la tige sort avec une célérité $C = 0,06$ m/s)

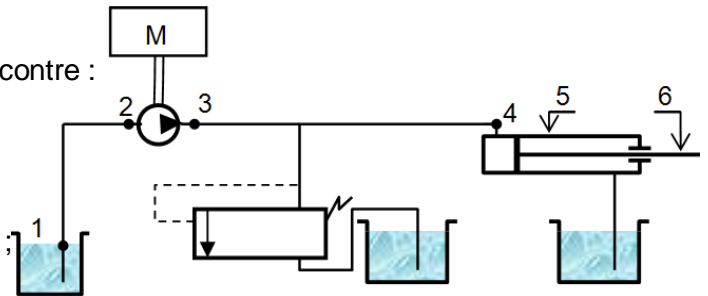
Données : - Diamètre de la conduite $d = 10$ mm ;
 - action de 1 sur la tige $F_{1/tige} = 3500$ daN ;
 - Puissance fournie par la pompe : $\mathcal{P} = 2,5$ kW
 - Masse volumique de l'huile : $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$;
 - Pression atmosphérique : $P_0 = P_a = 10^5$ Pa ;
 - $z_2 - z_1 = 0,5$ m ; $z_2 = z_3$; $C_1 = 0$ m/s ; $g = 10$ N/kg.

- 1- Calculer la célérité C_3 dans la conduite en (m/s) ?
- 2- En déduire le débit volumique et le débit massique ?
- 3- On suppose que le déplacement du vérin se fait sans frottement, calculer la pression P_3 d'alimentation du vérin en (pascal) ?
- 4- Calculer le travail $W_{1,2}$ fourni par la pompe en (J/kg) ?
- 5- On suppose que les pertes de charge $J_{2,3}$ dans la canalisation (2-3) sont nulles. Déduire la pression de refoulement de la pompe P_2 en (Pa) ?
- 6- Calculer les pertes de charge $J_{1,2}$ en (J/kg) ?
- 7- En déduire le rendement de l'installation ?



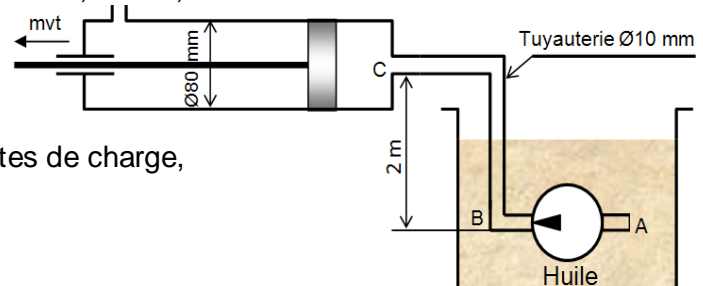
App9- On veut déterminer la puissance du moteur M. Soit le dispositif d'alimentation du vérin (5 + 6) ci-contre : Le vérin (5 + 6) développe une force de 10 daN est caractérisé par : - son diamètre $D = 120$ mm - son rendement $\eta_v = 0,9$.

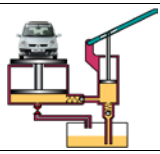
- 1- Calculer la pression P_v dans le vérin ?
- 2- La tige du vérin se déplace à une vitesse $C = 0,2$ m/s ; calculer le débit volumique de la pompe ?
- 3- La conduite de refoulement de la pompe à une longueur $L = 3$ m et un diamètre intérieur $d_{\text{int}} = 21,6$ mm ; calculer la célérité $C_{2,3}$ de l'huile dans la conduite 3-4 ?
- 4- l'huile à une $\nu = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ et $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$; déterminer le type de l'écoulement ?
- 5- Calculer la pression P_3 si $J_{3,4} = 112 \text{ J/kg}$?
- 6- Calculer la pression P_2 si $P_1 = 10^5$ Pa ; $z_2 - z_1 = 2$ m ; $J_{1,2} = 0,2 \text{ J/kg}$ et $C_1 = 0$ m/s ?
- 7- Calculer la puissance de la pompe si $P_3 = 10^6 \text{ N/m}^2$ et $J_{2,3} = 0 \text{ J/kg}$?
- 8- Déterminer la puissance du moteur M si $\eta_{\text{pompe}} = 0,82$?



App10- Le vérin d'un mécanisme d'ablocage est supposé alimenter à l'huile par une pompe débitant dans un réservoir situé à 2 m plus bas. Le fluide sera considéré comme parfait incompressible.

- 1- La vitesse d'approche du piston est constante et égale à 0,15 m/s, calculer la vitesse d'écoulement du fluide dans la tuyauterie ?
- 2- Calculer le débit volumique de la pompe en ℓ/s ?
- 3- Sachant que la pression en C est $P_c = 5 \cdot 10^3$ Pa, écrire l'équation de Bernoulli entre B et C ? Et en déduire la pression en B ? En néglige les pertes de charge, on donne $g = 10 \text{ m/s}^2$ et $\rho_{\text{huile}} = 800 \text{ kg/m}^3$

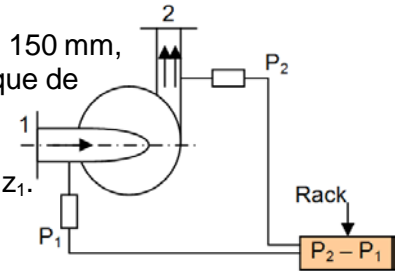




Capteur de pression différentiel

App11- Les prises de pression en 1 (entrée de la pompe) et en 2 (sortie de la pompe) sont des prises de pression absolue. Le rack électronique permet d'intégrer les informations d'un certain nombre de capteurs et par exemple d'afficher $P_2 - P_1$. Hypothèses et données :

Le fluide pompé est de l'eau, la tubulure d'aspiration a un diamètre $d_1 = 150$ mm, la tubulure de refoulement a un diamètre $d_2 = 100$ mm. Le débit volumique de la pompe est $q_v = 15 \cdot 10^{-3}$ m³/s. Pour cette valeur du débit, le capteur différentiel indique : $P_2 - P_1 = 9,8 \cdot 10^3$ Pa. Le rendement de la pompe est évalué à $\eta_{pompe} = 0,7$. On donne $g = 10$ m/s² ; $\rho = 10^3$ kg/m³ et $z_2 = z_1$.

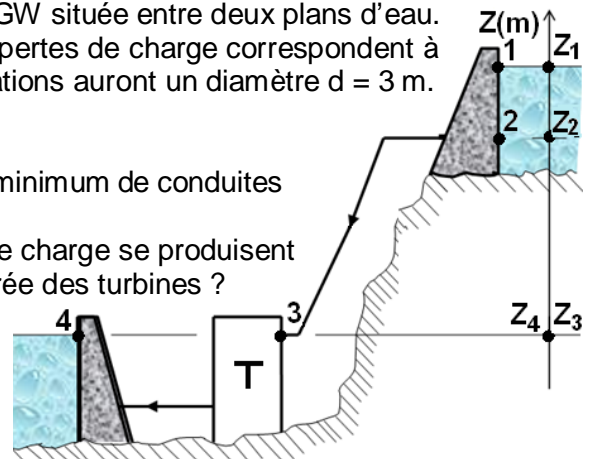


- 1- **Calculer** la vitesse de l'eau, en 1, en 2 ?
- 2- Dans la pompe, on néglige les pertes de charge singulières ; **calculer** le travail fourni par la pompe à 1 kg d'eau qui la traverse ?
- 3- **Calculer** la puissance nette et la puissance absorbée ?
- 4- On évalue maintenant les pertes de charge singulières dans la pompe à 2,74 J/kg ; **calculer** successivement le travail échangé, la puissance absorbée ?

Calcul d'une turbine

App12- On veut prédéterminer une installation hydraulique de 1 GW située entre deux plans d'eau. Les altitudes diffèrent de 420 m. on peut estimer que les pertes de charge correspondent à 1/7 de l'énergie disponible sans pertes. Les trois canalisations auront un diamètre $d = 3$ m. ($g = 9,81$ m/s²)

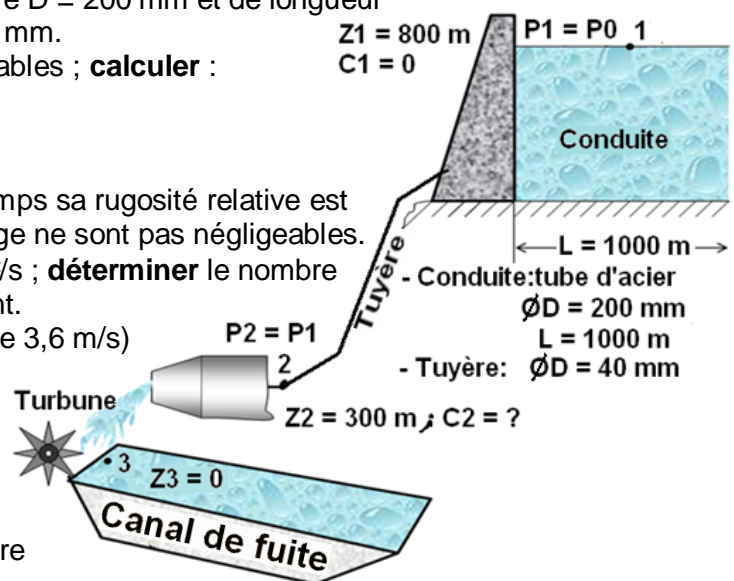
- 1- **Calculer** l'énergie utile sur l'installation de turbinage ?
- 2- Pour un écoulement laminaire, **combien** faudrait-il prévoir en minimum de conduites en parallèle ?
- 3- En limitant à trois conduites et en considérant que les pertes de charge se produisent essentiellement avant les turbines, **calculer** la pression à l'entrée des turbines ?



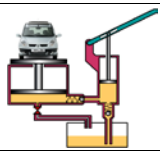
App13- On considère une installation hydraulique schématisée par le dessin ci-contre, la conduite qui alimente la tuyère à un diamètre $D = 200$ mm et de longueur $L = 1000$ m. Le diamètre de la tuyère est de 40 mm.

- 1- On suppose que les pertes de charge sont négligeables ; **calculer** :
 - a- La vitesse de l'eau à la sortie de la tuyère ?
 - b- Le débit volume ? ($g = 10$ m/s²)
 - c- La vitesse de l'eau dans la conduite ?
- 2- On réalité cette conduite fonctionne de puis longtemps sa rugosité relative est de R/D avec $R = 0,15$ mm ; donc les pertes de charge ne sont pas négligeables.
 - a- La viscosité cinématique de l'eau est $\nu = 10^{-6}$ m²/s ; **déterminer** le nombre de Reynolds et indiquer la nature de l'écoulement. (On suppose que la vitesse de l'eau est voisine de 3,6 m/s)
 - b- Pour évaluer les pertes de charge on donne

la relation : $J = \lambda \frac{C^2 L}{2D}$ et $\lambda = 0,790 \left(\frac{R}{D} \right)^{\frac{1}{2}}$



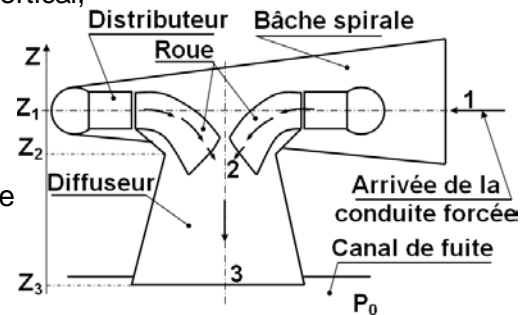
- c- **Calculer** la vitesse de l'eau à la sortie de la tuyère en déduire alors q_m ?
- d- **Quelle** est la puissance de la turbine ?



App14- La figure ci-contre, représente une turbine hydraulique à axe vertical, utilisée dans les usines de moyenne chute.

Elle est essentiellement constituée par :

- une bêche spirale horizontale à laquelle vient se raccorder (en 1) l'arrivée de la conduite forcée ;
- un distributeur muni d'ailettes directrices permettant d'augmenter ou diminuer le débit. Cette opération est asservie à la fréquence de rotation de l'alternateur calé sur l'arbre de la roue à aubes. À la sortie de la roue, l'eau entre en 2 dans le diffuseur et se jette à sa sortie en 3 dans le canal de fuite.



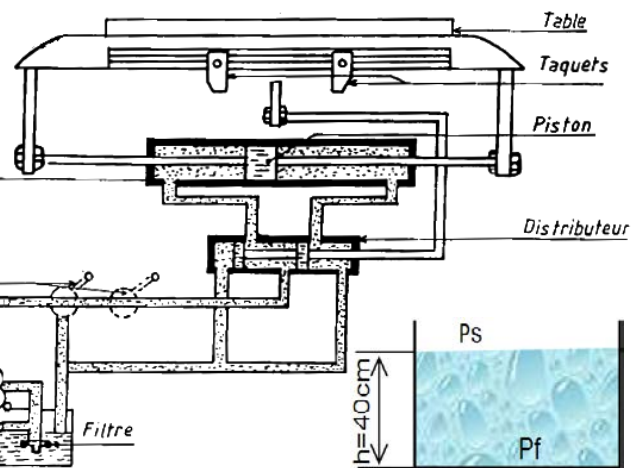
C'est le diffuseur qui l'objet de notre étude. On modélise celui-ci par un tronc de cône de révolution à axe vertical de hauteur $h = 4$ m. On donne

- À l'entrée 2 : section de la veine fluide $S_2 = 15$ m², pression absolue P_2 à calculer.
- À la sortie 3 : section de la veine fluide $S_3 = 30$ m², pression $P_3 = 10^5$ Pa et la vitesse de l'eau $V_3 = 1,8$ m/s.

- 1- Calculer** le débit volumique de la turbine, son débit massique et la vitesse de l'eau à l'entrée du diffuseur ?
- 2- Calculer** la pression P_2 à l'entrée du diffuseur, la comparer à la pression atmosphérique et interpréter le résultat ?
- 3-** On veut chiffrer le gain de puissance obtenu par l'emploi du diffuseur. Pour cela on écrira le théorème de Bernoulli pour une turbine avec diffuseur et on exprimera W_{1-2} , le travail échangé entre un kilogramme d'eau et la turbine avec diffuseur entre 1 et 3 ? (Avec $W_{1-2} < 0$; $W_{2-3} = 0$ et on néglige les pertes de charge)
- 4- Écrire** le théorème de Bernoulli pour une turbine sans diffuseur c'est-à-dire telle que $P_2 = P_{atm}$ et exprimer W'_{1-2} , le travail échangé entre un kilogramme d'eau et la turbine sans diffuseur entre 1 et 2 ? (Avec $W'_{1-2} < 0$ et on néglige les pertes de charge).
- 5- Calculer** le gain de puissance dû au diffuseur ? Pour cela, calculer : $\Delta \mathcal{P} = (|W_{1-2}| - |W'_{1-2}|) q_m$

Étude générale

App15- Étude de la commande automatique et manuelle du mouvement longitudinal de la table d'une rectifieuse. Le schéma ci-dessous montre le circuit hydraulique permettant d'avoir l'automatisation de ce mouvement sur la rectifieuse.



1- Partie statique :

Le réservoir contenant l'huile a les dimensions suivantes :

Montrer que la différence de pression entre le fond (P_f) et la surface (P_s) est négligeable devant la pression atmosphérique ($P_f - P_s \approx 0$) ?

Avec : $P_{atm} = 10^5$ Pa

$\rho_{huile} = 860$ kg/m³ ; $g = 10$ m/s².

2- Partie cinématique :

- 2a- Calculer** le nombre de Reynolds (\Re) pour une portion de la conduite ayant pour diamètre $d = 20$ mm et où l'huile a une célérité $C = 5$ m/s ? On donne la viscosité cinématique de l'huile : $\nu = 20 \cdot 10^{-6}$ m²/s.
- 2b- En déduire** si l'écoulement y est laminaire ou turbulent ?

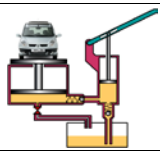
3- Partie dynamique :

Chaque kilogramme d'huile reçoit un travail $W_{1-2} = 400$ J/kg pendant sa traversée entre les points 1 et 2. On donne : $C_1 = 4$ m/s ; $Z_1 = 0$ m ; $P_1 = 10^5$ N/m² et $C_2 = 8$ m/s ; $Z_2 = 1,2$ m ; $P_2 = 4 \cdot 10^5$ N/m²

3a- Écrire l'équation générale de Bernoulli entre 1 et 2 ?

3b- En déduire la valeur des pertes de charges J_{1-2} entre 1 et 2 ?

3c- Calculer la puissance absorbée par la pompe, sachant qu'elle débite 9 litres/min ?



Calcul d'un moteur hydraulique

App16- Un moteur hydraulique reçoit 26 ℓ/min, sous une pression de 100 bars. A cette pression les fuites externes dues aux jeux mécaniques sont, pour ce moteur, de 2 ℓ/min.

La cylindrée est de 80 cm³/tr. **On demande :**

- 1- La fréquence de rotation en tr/min ?
- 2- La puissance utile du moteur ? On admettra un rendement $\eta = 0,85$.
- 3- Le moment de son couple ?
- 4- **Comment peut-on faire varier :** 4.a- la fréquence de rotation ?
4.b- le moment du couple ?
- 5- On utilise ce moteur pour monter une masse de 1000 kg. **Quelle sera** la vitesse d'ascension de la charge ?

App17- Un moteur hydraulique (un seul sens de rotation) doit faire 80 tr/min, avec un couple utile sur l'arbre de 201 N.m.

- Le rendement volumétrique est de 90 %.
- Le rendement en couple est de 85 %.

La pression d'utilisation est de 110 bars. **Calculer :**

- 1- Le moment du couple théorique ?
- 2- Le volume par tour de ce moteur (cylindrée) ?
- 3- Le débit utilisé dans le moteur (débit venant de la pompe) ?
- 4- La puissance disponible sur l'arbre ?
- 5- La puissance qu'il a reçue ?
- 6- Son rendement global ?
- 7- La vitesse de l'huile dans la tuyauterie alimentant le moteur ?
(Dimensions de cette tuyauterie : $\varnothing_{int} = 8 \text{ mm}$; $\varnothing_{ext} = 13$).

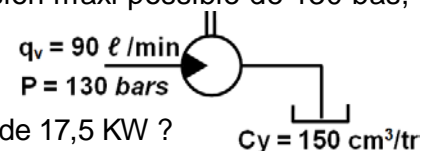
App18- Quel est le moment du couple utile (sur l'arbre) d'un moteur hydraulique de cylindrée 600 cm³/tr, sachant que la pression amont de 80 bars et une pression aval de 5 bars et le rendement en couple (ou rendement mécanique $\eta_m = 0,9$).

App19- L'arbre d'un moteur hydraulique de cylindrée 400 cm³/tr, tourne à 60 tr/min. Ce moteur est soumis à une pression amont de 150 bars et une pression aval de 20 bars. Connaissant les rendements volumétriques 90%, mécanique 85%, calculer :

- 1- Le débit fourni par la pompe (donc admis dans le moteur) ?
- 2- Le moment du couple sur l'arbre ?
- 3- La puissance sur l'arbre ?
- 4- La puissance hydraulique fournie par la pompe ?
- 5- Le rendement du moteur ?

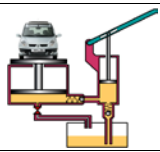
App20- Un moteur hydraulique reçoit un débit de 90 ℓ/min, sous une pression maxi possible de 130 bars, sa cylindrée est de 150 cm³/tr. Calculer :

- 1- La fréquence de rotation en tr/min ?
- 2- La puissance qu'il reçoit en KW ?
- 3- Son rendement sachant que la puissance mécanique (puissance utile) est de 17,5 KW ?



App21- Un oléoduc est une conduite horizontale de diamètre intérieur $d = 105,6 \text{ mm}$ et de longueur $L = 4 \text{ km}$. On souhaite que le fluide transporté (masse volumique = $0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ et viscosité = 2 St), ait un débit volumique de 1200 ℓ/min.

Quelle est la puissance nette de la pompe assurant cette fonction si on considère les pertes de charges ?



App22-

Alimentation d'un vérin simple effet

Le dispositif d'alimentation du vérin V comprend essentiellement une pompe et une soupape de sûreté.

◆ Un vérin simple effet V est caractérisé par :

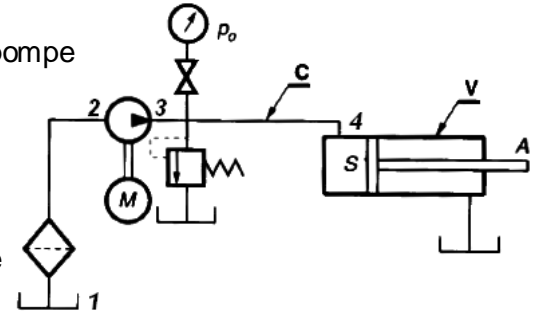
- Son diamètre intérieur $d_v = 100$ mm
- Son rendement $\eta_v = 0,9$, les pertes étant dues aux frottements des joints d'étanchéité.
- On souhaite que ce vérin développe une force de $75 \cdot 10^3$ N, sa tige se déplaçant à la vitesse uniforme de $V_v = 0,2$ m/s.

◆ Une pompe dont on connaît seulement le rendement approximatif $\eta_p = 0,82$

◆ La tuyauterie de refoulement de la pompe a une longueur $L_t = 8$ m et un diamètre intérieur de $d_t = 21,6$ mm

◆ L'huile utilisée a une viscosité de $0,25$ St et sa masse volumique est de 850 kg /m³.

◆ Les pertes de charges singulières sont négligées, ainsi que la différence de niveau entre 3 et 4.



QUESTIONS : (Rep)

- 1- Calculer de la pression P_v dans le vérin. (10,61 Mpa)
- 2- Calculer du débit volumique q_t dans la tuyauterie 3-4. ($1,57 \cdot 10^3$ m³/s)
- 3- Calculer de la vitesse V_t de l'huile dans la tuyauterie 3-4. (4,28 m/s)
- 4- Calculer du nombre de Reynolds de l'écoulement 3-4. (≈ 3698)
- 5- Calculer du coefficient de pertes de charges λ dans la tuyauterie 3-4. ($\approx 0,0405$)
- 6- Calculer de la perte de charge J_{34} dans la conduite. (137 J/kg)
- 7- Calculer de la pression P_0 de réglage du limiteur de pression. ($>$ à $P_3 = 107,26$ bar)
- 8- Calculer de la puissance nette de la pompe : P_n ($\approx 16,8$ kW)
- 9- Calculer de la puissance utile du moteur : P_u ($\approx 20,5$ kW)

App23-

Le dispositif d'alimentation du vérin comprend :

◆ Un vérin simple effet est caractérisé par :

- Diamètre intérieur $d_1 = 100$ mm
- Diamètre de la tige $d_2 = 40$ mm
- Avance rapide $V_1 = 0,1$ m/s
($E_1 = 1 ; E_2 = 0 ; E_3 = 1$) $\Rightarrow (P \rightarrow O_1 ; O_2 \rightarrow R)$
- Avance lente de travail $V_2 = 0,02$ m/s, pendant cette phase le vérin doit développer une force \vec{F} de 10^5 N
($E_1 = 1 ; E_2 = 0 ; E_3 = 0$) $\Rightarrow (P \rightarrow O_1 ; O_2 \rightarrow R)$
- Retour rapide $V_3 = ?$
($E_1 = 0 ; E_2 = 1 ; E_3 = 0$) $\Rightarrow (P \rightarrow O_2 ; O_1 \rightarrow R)$

◆ Une pompe à cylindrée fixe à un sens de flux, entraînée par un moteur électrique.

◆ Un limiteur de pression, taré à $P_0 = ?$

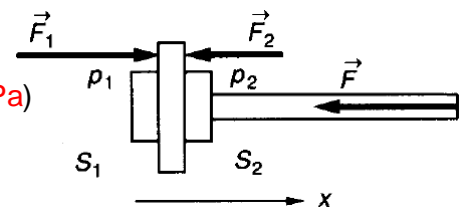
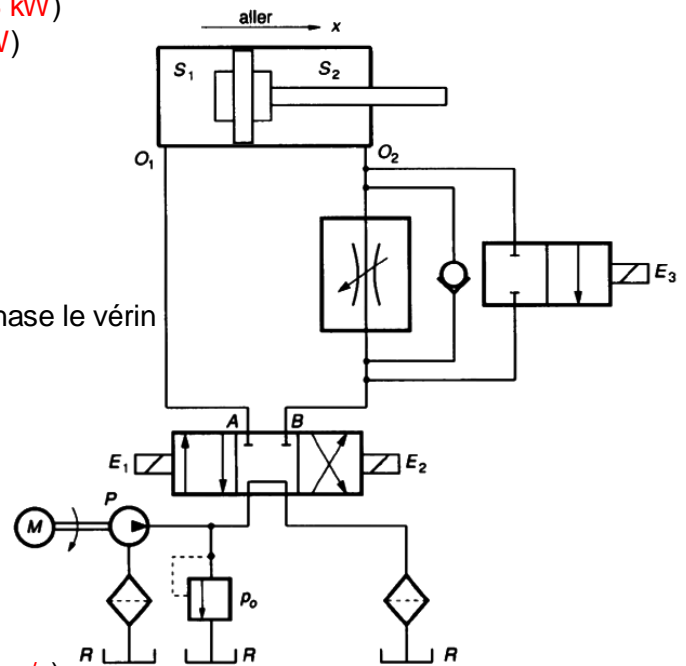
1- Calculer le débit de la pompe. Le calcul se fera lors de d'avance rapide. ($\approx 1,57 \cdot 10^3$ m³/s)

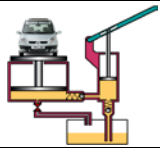
2- Calculer la vitesse V_3 de retour rapide du vérin. ($\approx 0,12$ m/s)

3- Dans le but de réaliser la vitesse réduite de sortie ($V_2 = 0,02$ m/s), on règle la perte de charge dans l'étrangleur à $P_2 = \Delta p = 4$ bars. Analyser les forces qui s'exercent sur le piston du vérin et calculer la pression P_1 nécessaire sur la surface S_1 .

On donne le rendement global du vérin : $\eta_v = 0,85$.

($\vec{F} = -10^5 \cdot \vec{x}$ (N) ; $\vec{F}_1 = P_1 \cdot S_1 \cdot \eta_v \cdot \vec{x}$; $\vec{F}_2 = -P_2 \cdot S_2 \cdot \vec{x}$) ; ($P_1 \approx 153,75 \cdot 10^5$ Pa)





4- Dans le but de calculer la pression de tarage P_0 en sortie de pompe, on **calcule** les pertes de charge dans la conduite qui va de la pompe au vérin en O_1 .

Dans une telle conduite de refoulement, la vitesse de l'huile ne doit pas dépasser $4,5 \text{ m/s}$. **Choisir** le diamètre de la conduite dans les valeurs normalisées (12,5 ; 16 ; 21,6 ; 27,3) et **en déduire** la nature de l'écoulement. On donne les caractéristiques de l'huile utilisée : $\rho = 860 \text{ kg/m}^3$ et $\nu = 0,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. La longueur de la conduite est $L_c = 8 \text{ m}$.

($V_c \leq V_{\max} = 4,5 \text{ m/s} \Rightarrow d_c \geq 14,9 \text{ mm}$; on prend $d_c = 16 \text{ mm}$; $V_c = 3,9 \text{ m/s}$; $R = 1783$: écoulement laminaire)

Et ($\lambda = 0,036$; $J_c = 136,89 \text{ J/kg}$).

5- Avec les résultats acquis dans les questions précédentes, **calculer** la pression relative P_0 de tarage en sortie de pompe.

($J_c \cdot \rho = \Delta p_c = 1,18 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $P_0 = P_1 - \Delta p_c = 154,93 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

6- Étude de la tuyauterie d'aspiration de la pompe. L'expérience montre qu'une vitesse d'écoulement de $1,5$ à $1,7 \text{ m/s}$ est optimale pour une conduite d'aspiration.

Calculer le diamètre de conduite si $V = 1,6 \text{ m/s}$ par exemple. ($d = 15 \text{ mm}$)

7- Les caractéristiques de la conduite d'aspiration 1-2 sont les suivantes:

$L_a = 3 \text{ m}$; $d_a = 27,3 \text{ mm}$; $V_a = 1,34 \text{ m/s}$.

La perte de charge singulière dans le filtre est $J_s = 4 \text{ J/kg}$.

La différence de niveau est $z_2 - z_1 = 0,5 \text{ m}$.

On rappelle les caractéristiques de l'huile utilisée : $\rho = 860 \text{ kg/m}^3$; $\nu = 0,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Calculer la dépression P_2 à l'orifice d'aspiration 2 de la pompe.

Notons que si on utilise des pressions relatives, on posera que $P_1 = P_{\text{atmo}} = 0$

et alors P_2 sera négative.

($J_{1-2} = J_s + J_l$; $R = 1045$: écoulement laminaire ; $\lambda = 0,061$; $J_l = 6 \text{ J/kg}$; alors $J_{1-2} = 10 \text{ J/kg}$;

Bernoulli entre 1-2 : $P_2 = - 0,136 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

8- **Calcul** de la puissance nette de la pompe.

$P_n = W_{23} \cdot q_m = W_{23} \cdot \rho \cdot q_v = 18045 \cdot 860 \cdot 785,5 \cdot 10^{-6} = 12,19 \text{ kW}$

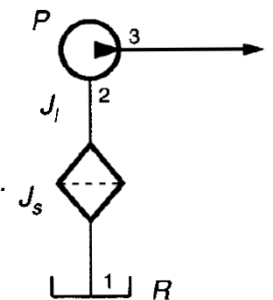
9- **Calculer** la puissance absorbée par la pompe (puissance mécanique sur l'arbre d'entrée).

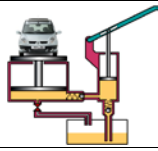
Le rendement de la pompe est donné par le constructeur : $\eta_p = 0,82$.

($P_a = 14,86 \text{ kW}$)

10- Le rendement du moteur électrique est $\eta_e = 0,92$. Quelle est la puissance du moteur ?

($P = 16,15 \text{ kW}$)





App24-

Un vérin à double effet, à simple tige, doit permettre d'exercer une force $\vec{F} = 12 \cdot 10^3 \text{ N}$ à une vitesse que l'on souhaite régler à $v = 0,5 \text{ m/s}$. Pour effectuer ce réglage, on choisit de placer en sortie O_2 , un étrangleur de débit réglable (q_2 réglable). Soit q_1 le débit que l'on doit assurer à l'orifice O_1 pour réaliser cette fonction. Comme on souhaite pouvoir régler dans une certaine plage, la vitesse de sortie v et la force \vec{F} , on choisit d'alimenter le circuit avec une pompe capable d'avoir un débit $q > q_1$ soit ici $q = 2,10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; la limitation du débit utile se fait alors par un limiteur de pression en sortie de pompe, taré à $P_0 = P_1 = 130 \text{ bars}$. Le débit excédentaire $q_{\text{ex}} = q - q_1$ est évacué par ce limiteur. Un distributeur 4/3 permet d'assurer le fonctionnement du système en aller et retour

Données numériques :

$v = 0,5 \text{ m/s}$; $\|\vec{F}\| = 12 \cdot 10^3 \text{ N}$;

$S_1 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$; $S_2 = 10^{-3} \text{ m}^2$;

$P_0 = P_1 = 130 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ (pressions relatives) ;

$q = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

QUESTIONS: (Rep)

1- A quelle valeur doit-on régler le débit q_2 ? ($q_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)

2- Quel doit être alors le débit q_1 ? ($q_1 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)

3 - Quel est le débit excédentaire q_{ex} ? ($q_{\text{ex}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$)

4- Calculer la pression P_2 . ($P_2 = 114 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

5- Quelle est la puissance utile au niveau du vérin ? ($P_u = 6 \text{ kW}$)

6- Étude du circuit d'aspiration de la pompe. Entre les sections repérées 3 et 4 on néglige : la variation d'énergie cinétique du fluide, la variation d'énergie potentielle de pesanteur, les pertes de charge singulières et linéaires.

Calculer la puissance nette de la pompe. ($P_n = 26 \text{ kW}$)

7- En gardant $P_0 = P_1 = 130 \text{ bars}$ et en modifiant le réglage q_2 , à quelle vitesse maximale le vérin pourrait-il déplacer la même charge ? ($v_{\text{max}} = 1,11 \text{ m/s}$)

8- On garde $P_0 = P_1 = 130 \text{ bars}$. Pour déplacer la même charge $\|\vec{F}\| = 12 \cdot 10^3 \text{ N}$ et pour la nouvelle vitesse de déplacement $v = 1,11 \text{ m/s}$, quelle serait alors, la pression P_2 , le débit q_2 ? ($P_2 = 114 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)

