EXERCICES D'APPLICATION

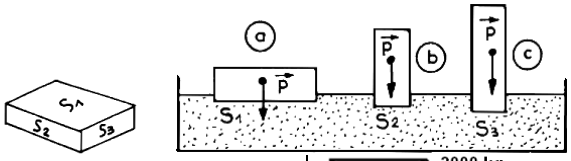
Pour l'application numérique travailler avec : $\pi = 3{,}14$

FORCE PRESSANTE - PRESSION

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

1- Calculer les pressions P_1 ; P_2 ; P_3 en Pa, bar, et en daN/cm^2 ?

2- Conclure.

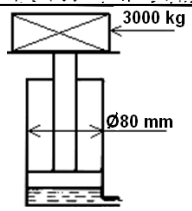


Ex2- Sur la tige d'un vérin on place une masse de 3000 kg, l'alésage du cylindre du vérin est de 80 mm

1- Calculer la force pressante exercée sur l'huile ?

2- Calculer la surface pressée ?

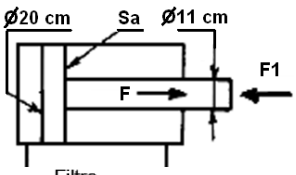
3- Calculer la pression en Pa, en bar ?



Ex3- La section du piston d'une presse étant de 300 cm^2 (∅ ≈ 20 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 ∅10 cm. **Calculer** la pression en bar.

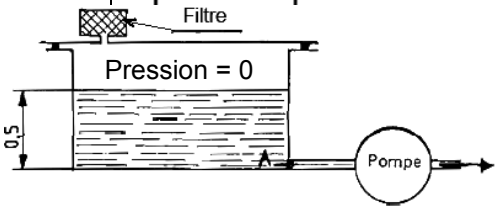
Ex5- La pression de travail est de 250 bar. **Quelle** est la force pressante F ? Le poids de l'équipage outil + piston + tige est de 2000 daN. **Quelle** est la pression nécessaire pour maintenir cette charge F_1 ?



PRESSION DANS UN LIQUIDE AU REPOS

Ex6- Un réservoir pour circuit hydraulique est rempli d'huile à une hauteur de 0,50 m et g = 10 m/s^2

Quelle est la pression exercée par l'huile sur le fond du réservoir en A, départ vers la pompe (ρ = 900 kg/m^3).



VITESSE - DÉBIT- ÉQUATION DE CONTINUITÉ

Ex7- De l'huile ayant pour viscosité cinématique $\upsilon = 4.10^{-4}\ m^2/s$, circule dans une canalisation de Ød = 20 mm **Calculer** le débit volumique maximal de cette huile pour que l'écoulement reste laminaire.

Ex8- Le piston d'un vérin a une surface de 40 cm^2. Ce vérin reçoit un débit de 24 ℓ/min. **Quelle** est :

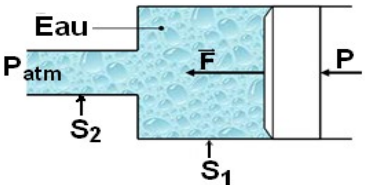
1- La vitesse V de déplacement en sortie de tige.

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 cm^2)

DYNAMIQUE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES

EX9- On donne S_1 = 100 cm^2 ; S_2 = 2 cm^2 et C_2 = 10 m/s. **Calculer F ?**



PUISSANCE D'UN VÉRIN - PUISSANCE D'UNE POMPE

Ex10- 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 %.

Ex11- 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

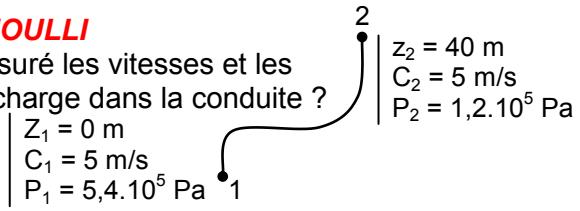
2- Le diamètre du vérin

3- Le débit de la pompe.

ÉQUATION DE BERNOULLI

Ex12- Dans une conduite simple de section constante on a mesuré les vitesses et les pressions à l'entée et à la sortie. **Évaluer** les pertes de charge dans la conduite ?

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



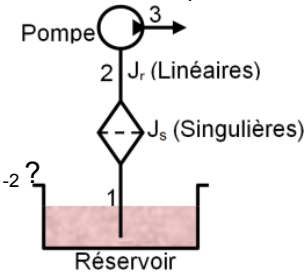
Ex13- Soit une conduite rectiligne de diamètre d = 120 mm dans laquelle circule de l'eau de viscosité cinématique $\upsilon = 10^{-6}$ m²/s, avec un débit de 20 ℓ/s. La conduite est en acier soudé de cœfficient de perte de charge ε = 0,2 mm ; g = 9,8 m/s² et la rugosité conventionnelle $\lambda = 0,79\sqrt{\frac{\varepsilon}{d}}$

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) ?

Ex 14- 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 ℓ/s ;
- La longueur de la conduite d'aspiration 1-2 est L = 4 m et son diamètre intérieur est d_{int} = 27,3 mm ;
- Le filtre entraîne des pertes de charge singulières de : - 5 J/kg ;
- La différence de niveau est : $z_2 - z_1$ = 0,8 m ;
- Les caractéristiques de l'huile pompée est : ρ = 900 kg/m^3 ; υ = 0,45 St (1St = 1 Stockes = 10^{-4} m²/s)
- L'accélération de la pesanteur est g = 9,81 m/s².

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 $\lambda = 64/\mathcal{R}e$?
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 J/kg



Ex15- Soit une conduite **horizontale** de diamètre intérieur d_{int} = 105,6 mm et de longueur L = 4 km. Le fluide transporté a pour caractéristiques : ρ = 0,8.10^3 kg/m^3 ; υ = 2 St (1 St = 1 Stockes = 10^{-4} m²/s) et Qv = 1200 ℓ/s. Les pertes de charge J_{12} dans la conduite sont de -5,22 kJ/kg

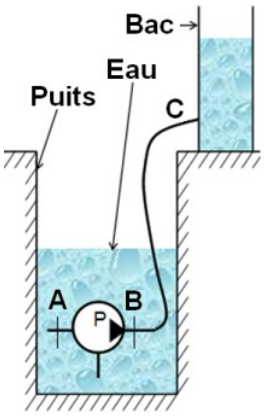
1- **Calculer** la vitesse d'écoulement du fluide dans la conduite ?
2- **Calculer** le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement ?
3- **Calculer** le travail W_{1-2} fourni par la pompe, sachant que $P_1 = P_2$?
4- **Calculer** la puissance $\mathcal{P}_{pompe}$ de la pompe ?

Applications

Calcul d'une pompe

App1- Une pompe à une puissance de 1kW est immergée dans un puits, et assurer un débit de 7,2 m^3/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 ($P_0 = P_{atm}$ = 1,013.10^5 $P_a \approx 10^5$ P_a).
Le tube de refoulement BC à une section constante égale à 800 mm^2

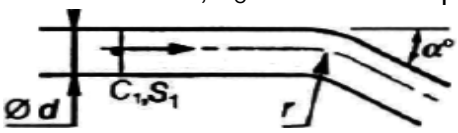
1- **Calculer** le débit massique de la pompe.
2- **Quelle** est la vitesse d'écoulement de l'eau dans le tube BC.
3- **Quel** travail la pompe échange-t-elle avec 1kg d'eau qui la traverse.
4- **Quelle** est la pression de l'eau à la sortie B de la pompe (g = 10 m/s^2).
5- **Quelle** est la différence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



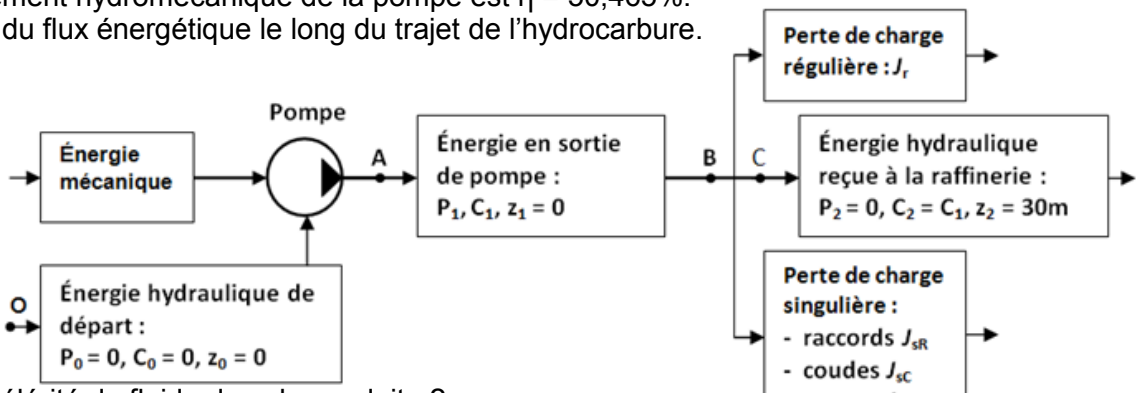
ACHEMINEMENT DE L'HYDROCARBURE

App2- Une conduite de diamètre d = 150 mm permet de transférer un produit pétrolier de masse volumique $\rho = 0{,}9.10^3$ kg/m^3 et de viscosité dynamique μ = 0,3 Poiseuille depuis un terminal portuaire (altitude z_1 = 0 m) jusqu'à une raffinerie distante de L = 20 km et d'altitude Z_2 = 30 m. Le débit doit être Q_v = 30 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 $\varepsilon_R = 10^{-3}$.
On rencontre le long de l'installation cinq vannes de sécurité qui, en position ouverte ont un coefficient de perte de charge ε_V = 0,1 et trente coudes à 90° dont le rayon est r = 400 mm, ε_C est déterminé par la relation suivante :

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

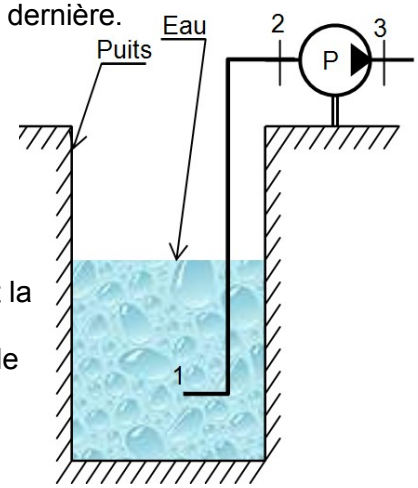


Le rendement hydromécanique de la pompe est η = 50,465%.
Schéma du flux énergétique le long du trajet de l'hydrocarbure.



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 ?

App3- 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 η = 0,94 le rendement de cette dernière.

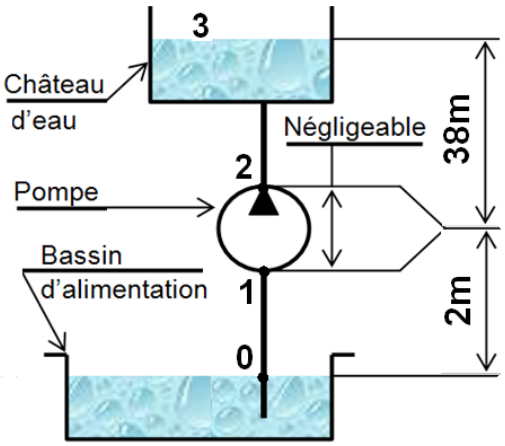


Données et hypothèses :
- La pression atmosphérique est supposée constante : $P_3 = P_1 = P_0$ = 1 bar.
- Pour l'eau : $\rho = 10^3$ kg/m^3 et $\upsilon = 10^{-6}$ m^2/s.
- On suppose que $z_3 = z_2$ et que g = 9,81 m/s^2.

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 ?

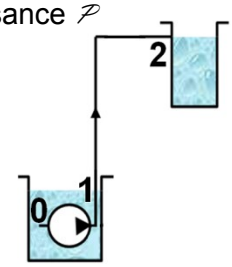
*Cavitation : remplies de vapeur ou de gaz.

App4- 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 Ød = 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

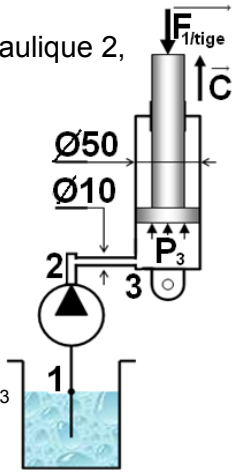
App5- Une station d'alimentation d'un château d'eau utilise une pompe immergée de puissance $\mathcal{P}$ à déterminer. Cette pompe refoule l'eau dans une conduite verticale de hauteur $L = z_2 - z_1$ = 40 m et de diamètre d = 120 mm.
La vitesse d'écoulement dans la conduite est : $C_2 = C_1$ = 5 m/s. les pressions d'eau (absolues) mesurées avec un manomètre en 0, 1, 2 sont :
$P_0 = 10^5$ Pa (pression atmosphérique) ; $P_1 = 5{,}4.10^5$ Pa ; $P_2 = 1{,}2.10^5$ Pa.
On donne la viscosité cinématique de l'eau : $\upsilon = 10^{-6}$ 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 : η = 0,85, **calculer** la puissance absorbée $\mathcal{P}_a$?

Calcul d'une pompe et d'un vérin

App6- En période de réglage en hauteur de l'élévateur, 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 : ρ = 850 kg/m³ ;
- 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.

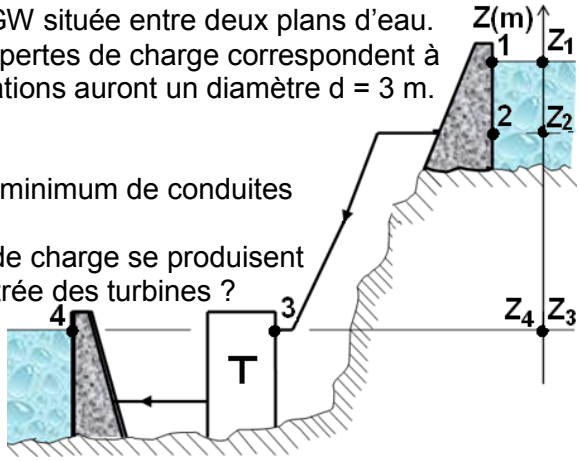


1- Calculer la célérité C_3 dans la conduite en (m/s) ?
2- En déduire le débit volumique et le débit massique ?
3- On suppose que le déplacement du vérin se fait sans frottement, **calculer** la pression P_3 d'alimentation du vérin en (pascal) ?
4- Calculer le travail $W_{1\text{-}2}$ fourni par la pompe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

***Dénivelée :** Différence d'altitude entre deux points.

Calcul d'une turbine

App7- 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 ?

Calcul d'un moteur hydraulique

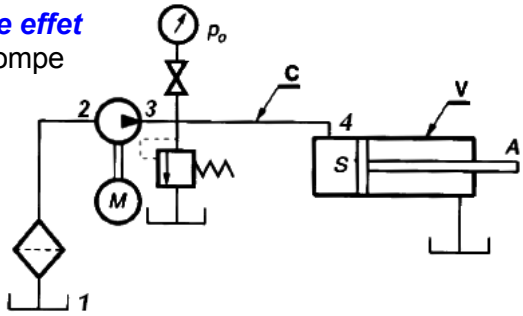
App8- Un moteur hydraulique (un seul sens de rotation) doit faire 80 tr/min, avec un couple utile sur l'arbre de 201 N.m.

- 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 : $Ø_{int}$ = 8 mm ; $Ø_{ext}$ = 13).

App9-

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 η_v = 0,9, les pertes étant dues aux frottements des joints d'étanchéité.
- On souhaite que ce vérin développe une force de 75.10^3 N, sa tige se déplaçant à la vitesse uniforme de V_V = 0,2 m/s.

♦ Une pompe dont on connait seulement le rendement approximatif η_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. ($1,57.10^3$ 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. (≈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 (≈ 16,8 kW)
9- Calculer de la puissance utile du moteur : P_u (≈ 20,5 kW)

ÉLÉMENT DE CORRIGÉ DES EXERCICES D'APPLICATION

FORCE PRESSANTE - PRESSION

Ex1-

1-➢ La pression en Pascal : $P_{(Pa)} = \frac{F_{(N)}}{S_{(m^2)}}$; et $F_{(N)} = m_{(kg)}.g_{(m/s^2)}$

D'où: $P_1 = \frac{10.10}{0,005} = \frac{100}{0,005} = 20.10^3\,Pa$; $P_2 = \frac{10.10}{0,0015} = \frac{100}{0,0015} = 66,666.10^3\,Pa$; $P_3 = \frac{10.10}{0,001} = \frac{100}{0,001} = 100.10^3\,Pa$

➢ La pression en bar : comme 1 bar = 10^5 Pa . D'où: P_1 = 0,2 bar ; P_2 = 0,66 bar ; P_3 = 1 bar

➢ La pression en daN/cm^2 : comme 1 bar = 1 daN/cm^2. D'où : P_1 = 0,2 daN/cm^2 ; P_2 = 0,66 daN/cm^2 ; P_3 = 1 daN/cm^2

2- La pression augmente lorsque la surface démunie

Ex2-

1- Force pressante sur l'huile, F= m.g = 3000 .10 = 3.10^4 N

2- Surface pressée, $S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14.(0,08)^2}{4} = 0,005\,m^2 = 50\,cm^2$

3- Pression en Pa, $P = \frac{F}{S} = \frac{3.10^4}{0,005} = 6.10^6\,Pa$. En bar $\frac{300}{50} = 60\,daN/cm^2$ ou $60\,bar$

Ex3-

➢ $F_{(daN)} = P_{(bar)}.S_{(cm^2)}$ = 200.300 = 6.10^4 daN

➢ $F_{(N)} = P_{(Pa)}.S_{(m^2)}$ = $200.10^5.0,03$ = 6.10^5 N

Ex4-

➢ $P = \frac{F}{S} = \frac{10.100.10}{25.3,14} = 127,38\,daN/cm^2$ ou $127,38\,bar$

Ex5-

➢ Force pressante F, F=P.S=250.3,14.10.10 =78500 daN

➢ Pression pour maintenir la charge F_1, $P = \frac{F}{S_a} = \frac{2000}{3,14.(10^2 - 5,5^2)} = \frac{2000}{219,01} = 9,13\,bar_{(mini)}$

PRESSION DANS UN LIQUIDE AU REPOS

Ex6-

➢ P = ρ.g.h = 900.10.0,5 = 4500 Pa = 0,045 bar

VITESSE - DÉBIT- ÉQUATION DE CONTINUITÉ

Ex7-

Pour que l'écoulement reste laminaire, il faut que $\mathcal{R}e = C.\frac{d}{\upsilon} \leq 2300$

$$C \leq 2300.\frac{\upsilon}{d} = 2300.\frac{4.10^{-4}}{20.10^{-3}} = 46\,m/s$$

$$q_v = SC = \frac{\pi}{4}(20.10^{-3})^2.46 = 14,444.10^{-3}\,m^3/s = 14,444\,l/s = 866,64\,l/mn$$

Ex8-

1- La vitesse V de déplacement en sortie de tige, $V_{(cm/s)} = \frac{q_{v(cm^3/s)}}{S_{1(cm^2)}} = \frac{\frac{24000}{60}}{40} = 10\,cm/s$

2- La durée de la course si celle-ci fait 20 cm, $t = \frac{d}{V} = \frac{20}{10} = 2\,s$

3- La vitesse V' pour la rentrée de tige, avec un même débit q_v, $V' = \frac{q_v}{S_1 - S_2} = \frac{400}{25} = 16\,cm/s$

DYNAMIQUE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES

Ex9-

- Le débit volume : $q_v = S_1C_1 = S_2C_2$ alors $C_1 = C_2.\ S_2/S_1 = 10.2/100 = 0,2$ m/s
- Le débit masse : $q_m = \rho S_2C_2 = \rho S_1C_1 = 10^3.2.10^{-4}.10 = 2$ kg/s
- Somme des forces extérieurs : $R = \Sigma F_{ext} = q_m(C_2-C_1)$

$R = 2.(10 - 0,2) = 19,6$ N de même : $R = S_2(P - P_{atm})$ ⇨ $P = R/S_2 + P_{atm}$

$P = 19,6/(2.10^{-4}) + 10^5 = 19,8.10^4$ Pa

Et : $P = F/S_1$; alors: $F = P.S_1 = 19,8.10^4.\ 100.10^{-4} = 1980$ N.

PUISSANCE D'UN VÉRIN - PUISSANCE D'UNE POMPE

Ex10-

1- Puissance fournie par le vérin : $P_{fournie_{vérin}} = F.V = F.\frac{q_v}{S} = P_{ression}S.\frac{q_v}{S} = P_{ression}.q_v = 80.10^5.\frac{36.10^{-3}}{60} = 4800\,W$

2- Puissance nécessaire au récepteur : $P_{nécessaire} = \frac{P_{fournie}}{\eta_g} = \frac{4800}{0,6} = 8000\,W$

Ex11-

1- La puissance de la pompe, $P_{pompe} = F.V = 3.10^3.10.\frac{2}{60} = 10^3\ W$

2- Le diamètre du vérin, $P_{ression} = \frac{F}{S} = \frac{4.F}{\pi.d^2}$ donc : $d = \sqrt{\frac{4.3.10^4}{50.10^5.\pi}} = 0,087\,m = 8,7\,cm$

3- Le débit de la pompe, $q_v = \frac{P_{pompe}}{p_{ression}} = \frac{10^3}{50.10^5} = 0,2.10^{-3}\,m^3/s = 0,2\,\ell/s = 12\,\ell/min$

ÉQUATION DE BERNOULLI

Ex12-

1- La perte de charge en hauteur d'eau Δz : Bernoulli en terme de hauteur entre 1 et 2 sans machine :

$$\frac{P_2 - P_1}{g\cdot\rho} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + J_{1-2} = 0 \qquad \text{donc} \qquad J_{1-2} = \Delta z = 2m$$

2- La perte de charge en pression ΔP : Bernoulli en terme de pression entre 1 et 2 sans machine :

$$P_2 - P_1 + \rho\cdot\frac{C_2^2 - C_1^2}{2} + \rho g(z_2 - z_1) + J_{1-2} = 0 \quad \text{donc} \quad J_{1-2} = \Delta P = 0,2\cdot10^5\,Pa$$

Ex13-

1- Le nombre de Reynolds : $\Re e = C\cdot\frac{d}{\upsilon} = \frac{4q_v}{\pi\cdot d\cdot\upsilon} = \frac{4\cdot20\cdot10^6}{\pi\cdot120} = 2,12\cdot10^5 \geq 10^5$ L'écoulement turbulent rugueux

2- La perte de charge systématique par mètre :

$$\frac{J_r}{L} = \lambda\cdot\frac{C^2}{2d} = 0,79\sqrt{\frac{\varepsilon}{d}}\cdot\left(\frac{4q_v}{\pi d^2}\right)^2\cdot\frac{1}{2d} = 0,79\cdot\sqrt{\frac{0,2}{120}}\cdot\frac{8\cdot20^2\cdot10^{-6}}{\pi^2\cdot120^5\cdot10^{-15}} = 0,42\ J/kg\cdot m$$

3- La perte de charge ΔP (bar) et Δz (m) pour 100 m de conduite : La perte de charge systématique pour 100 m :

$J_r = 42\ J/kg$ Alors : $\Delta P = J_r\cdot\rho = 42\cdot10^3 = 42000\ Pa$ et $\Delta z = J_r/9,8 = 4,28 = 4,28\ m$

Ex14-

1- La vitesse d'écoulement du fluide dans la conduite d'aspiration : $C=\frac{4q_v}{\pi\cdot d^2}=\frac{4\cdot 10^{-3}}{\pi\cdot 27,3^2\cdot 10^{-6}}=1,709\ m/s$

2- Le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement :

$\Re e=C\cdot\frac{d}{\upsilon}=\frac{1,709\cdot 27,3\cdot 10^{-3}}{0,45\cdot 10^{-4}}=1036,79$ ≤ 2300 : L'écoulement est laminaire

3- Le coefficient de perte de charge λ : $\lambda=\frac{64}{\Re e}=\frac{64}{1036,79}=0,06172$

4- ➢ Les pertes de charge linéaire J_r : $J_r=\lambda\cdot C^2\cdot\frac{L}{2d}=0,06172\cdot 1,709^2\cdot\frac{4}{2\cdot 27,3\cdot 10^{-3}}=13,206\ J/kg$

➢ Les pertes de charge totales $J_{1\text{-}2}$: $J_{1-2}=J_s+J_r=5+13,206=18,206\ J/kg$

5- La pression P_2 à l'entrée 2 de la pompe : Bernoulli entre 1 et 2 sans machine :

$$\frac{P_2-P_1}{\rho}+\frac{C_2^2-C_1^2}{2}+g(z_2-z_1)+J_{1-2}=0 \Rightarrow \frac{P_2-10^5}{900}+\frac{1,709^2-0}{2}+9,81(0,8)+18=0$$

donc $P_2=75422,493\ Pa=0,75\ bars$

Ex15-

1- La vitesse d'écoulement du fluide dans la conduite : $C=\frac{q_v}{S}=\frac{4q_v}{\pi\cdot d^2}=\frac{4\cdot 1200\cdot 10^{-3}}{\pi\cdot 0,1056^2}=137,083\ m/s$

2- Le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement :

$\Re e=C\cdot\frac{d}{\upsilon}=137,083\frac{0,1056}{2\cdot 10^{-4}}=72379,824\leq 10^5$ L'écoulement turbulent lisse

3- Le travail $W_{1\text{-}2}$ fourni par la pompe : Bernoulli entre 1 et 2 avec machine :

$$W_{1-2}=\frac{P_2-P_1}{\rho}+\frac{C_2^2-C_1^2}{2}+g(z_2-z_1)+J_{1-2}$$

avec $P_2=P_1; C_1=0; C_2=137,083\ m/s; z_2-z_1=0$ (conduite horizontale)

donc $W_{1-2}=0+\frac{137,083^2}{2}+0+5220=14615,874\ J/kg$

4- La puissance $\mathcal{P}_{pompe}$ de la pompe :

$\mathcal{P}_{pompe}=W_{12}\cdot q_m=W_{12}\cdot\rho\cdot q_v=14615,874\cdot 0,8\cdot 10^3\cdot 1,2=14031239,04\ Watts=14031,239\ KW$

Remarque :

Si, au cours de l'étude, un élève repère ce qui lui semble être une erreur ou fautes de frappe, il le signale au professeur de la matière !!!

ÉLÉMENT DE CORRIGÉ DES APPLICATIONS

Calcul d'une pompe

App1-

1- Le débit volume de la pompe est une donnée du problème : $q_v = 7{,}2\ m^3/h$ soit $q_v = 2.10^{-3}\ m^3/s$
Le débit masse : $q_m = \rho\, q_v = 10^3.2.10^{-3}$ soit $q_m = 2\ kg/s$

2- On connaît l'expression du débit massique d'une conduite : $q_m = \rho SC$ soit la vitesse d'écoulement : $C = q_m / \rho S$

donc $C = \dfrac{2}{10^3.8.10^{-4}} = 2{,}5\, m/s$

3- La pompe qui a une puissance de 1kW échange un travail avec le fluide entre A et B : $P = W_{A-B} \cdot q_m$
Le travail échangé par la pompe pour 1kg d'eau : $W_{A-B} = P/q_m = 10^3/2$ Soit $W_{A-B} = 500\ J/kg$

4- Appliquons Bernoulli entre A et B : $W_{A-B} = \dfrac{P_B - P_A}{\rho} + \dfrac{C_B^2 - C_A^2}{2} + g(z_B - z_A)$

Avec : $z_A = z_B$; $C_A = 0$; $C_B = 2{,}5\ m/s$; $P_A = P_0 = 10^5\ Pa$; $W_{A-B} = 500\ J/kg$

Il reste donc : $P_B = \rho(W_{A-B} - \dfrac{C_B^2}{2}) + P_A = 10^3(500 - \dfrac{(2{,}5)^2}{2}) + 10^5$ donc $P_B = 596875\ Pa$

5- D'après l'équation de Bernoulli entre B et C sans machine: $\dfrac{P_C - P_B}{\rho} + \dfrac{C_C^2 - C_B^2}{2} + g(z_C - z_B) = 0$

Avec : $C_C = 0$ (la vitesse de l'eau à l'arrivée dans le réservoir s'annule) ;
$P_C = P_0 = 10^5\ Pa$; $P_B = 596875\ Pa$; $C_B = 2{,}5\ m/s$; $z_C - z_B = h$

Il reste donc : $h = \dfrac{1}{g}\left[\dfrac{C_B^2}{2} - \dfrac{P_C - P_B}{\rho}\right] = \dfrac{1}{10}\left[\dfrac{(2{,}5)^2}{2} - \dfrac{10^5 - 596875}{10^3}\right]$ Soit : $h = z_C - z_B = 50\ m$

ACHEMINEMENT DE L'HYDROCARBURE

App2-

1- Vitesse du fluide dans la conduite : $V = \dfrac{Q_v}{S} = \dfrac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot d^2} = \dfrac{4 \cdot 0{,}03}{\pi \cdot 0{,}15^2} = 1{,}69\, m/s$

2- Le type de l'écoulement : $\Re_e = \dfrac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu} = \dfrac{0{,}9 \cdot 10^3 \cdot 1{,}69 \cdot 0{,}15}{0{,}3} = 760{,}5 \le 2300$; L'écoulement est laminaire.

3- Les pertes de charges régulières : $J_r = \lambda \dfrac{V^2 \cdot L}{2d} = \dfrac{64}{\Re_e} \cdot \dfrac{V^2 \cdot L}{2d} = \dfrac{64 \cdot 1{,}69^2 \cdot 20000}{760{,}5 \cdot 2 \cdot 0{,}15} = 16023{,}70\, J/kg$

4- Les pertes de charges singulières :

- ▹ Raccords au nombre de $n = \dfrac{20000}{5} = 4000\, raccords$: donc $J_{sR} = \varepsilon_R \cdot \dfrac{V^2}{2} \cdot n = 10^{-3} \cdot \dfrac{1{,}69^2}{2} \cdot 4000 = 5{,}712\, J/kg$
- ▹ Vannes au nombre de n' = 5 : donc $J_{sV} = \varepsilon_V \cdot \dfrac{V^2}{2} \cdot n' = 0{,}1 \cdot \dfrac{1{,}69^2}{2} \cdot 5 = 0{,}714\, J/kg$
- ▹ Coudes au nombre de n'' = 30 : donc $J_{sC} = \varepsilon_C \cdot \dfrac{V^2}{2} \cdot n'' = \left[0{,}13 + 1{,}85\left(\dfrac{0{,}15}{2 \cdot 0{,}4}\right)^{3,5}\right] \cdot \dfrac{90}{180} \cdot 1{,}69^2 \cdot 30 = 5{,}795\, J/kg$

Alors : $J_s = J_{sR} + J_{sV} + J_{sC} = 5{,}712 + 0{,}714 + 5{,}795 = 12{,}221\, J/kg$

5- ▹ La pression de pompage avec les pertes de charges :

Bernoulli généralisé entre A et C sans machine : $\frac{P_C - P_A}{\rho} + \frac{V_C^2 - V_A^2}{2} + g(z_C - z_A) + J_{A-C} = 0$

avec : $P_A = ?; P_C = 0; \rho = 0,9 \cdot 10^3 kg/m^3; g = 10 m/s^2; z_C - z_A = 30 m; V_A = V_C; J_{A-C} = J_r + J_s$

soit : $P_A = P_C + \rho\left[g(z_C - z_A) + J_{A-C}\right]$

donc : $P_A = 900 \cdot \left[(10 \cdot 30) + (16023,70 + 12,221)\right] = 14702328,9\, Pa = 147,023\, bars$

▹ La pression de pompage sans les pertes de charges : $P_A = 270000\, Pa = 2,7\, bars$

6- Énergie massique de pompage et la puissance mécanique :

▹ Énergie massique de pompage : Bernoulli entre O et A avec machine : $W_{O-A} = \frac{P_A - P_O}{\rho} + \frac{V_A^2 - V_O^2}{2} + g(z_A - z_O)$

avec : $V_O = 0; V_A = 1.69\, m/s; P_O = 0; P_A = 147,023\, bar; z_O = z_A = 0; \rho = 0,9 \cdot 10^3 kg/m^3$

donc : $W_{O-A} = \frac{147,023 \cdot 10^5}{900} + \frac{1.69^2}{2} + 0 = 16337,316\, J/kg$

▹ Puissance hydraulique : $\mathcal{P} = W_{O-A} \cdot \rho \cdot Q_v = 16337,316 \cdot 900 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 441107,532\, watts = 441,107\, kW$

▹ Puissance mécanique : $\mathcal{P}_{méc} = \frac{\mathcal{P}_{Hy}}{\eta} = \frac{441107,532}{0,50465} = 874086,063\, Watts = 874,086\, kW$

Cette étude montre qu'il faut prévoir plusieurs stations de pompage pour acheminer l'hydrocarbure sur cette distance.

App3-

1- Le diamètre des conduites d'aspiration et de refoulement $d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{q_v}{C}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,0618\, m = 61,81\, mm$

2- Le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement :

$\Re e = C \cdot \frac{d}{\upsilon} = 1,5 \cdot 61,81 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6 = 92715 \leq 10^5$ L'écoulement turbulent lisse

3- Les pertes de charges régulières : $J_{1-2} = J_r = \lambda \frac{C^2 \cdot L}{2d} = \frac{0,316}{\Re_e^{0,25}} \cdot \frac{C^2 \cdot L}{2d} = \frac{0,316 \cdot 1,5^2 \cdot 5}{92715^{0,25} \cdot 2 \cdot 0,06181} = 1,64\, J/kg$

4- La pression P_2 à l'entrée de la pompe : Bernoulli entre 1 et 2 sans machine :

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + J_{1-2} = 0$$

avec $P_1 = 10^5\ Pa; C_1 = 0; C_2 = 1,5\ m/s; z_2 - z_1 = 5\ m$

donc $P_2 = P_1 - \rho\left[\frac{C_2^2 - C_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + J_{1-2}\right] = 10^5 - 10^3\left[\frac{1,5^2}{2} + 9,81 \cdot 5 + 1,64\right] = 48185\ Pa = 0,48\ bars$

et $0,48\ bars > 0,4\ bars$ donc il n'y a pas, en principe, risque de cavitation.

5- La puissance nette de la pompe : Bernoulli entre 2 et 3 avec machine :

$$W_{2-3} = \frac{P_3 - P_2}{\rho} + \frac{C_3^2 - C_2^2}{2} + g(z_3 - z_2) + J_{2-3}$$

avec $P_3 = P_0 = 10^5\ Pa; P_2 = 48185\ Pa; C_2 = C_3 = 1,5\ m/s; z_3 - z_2 = 0; J_{2-3} = 0,15\ J/kg$

$$W_{2-3} = \frac{10^5 - 48185}{10^3} + 0 + 0 + 0,15 = 51,965\ J/kg$$

d'où $\mathcal{P}_{nette} = W_{23} \cdot q_m = W_{23} \cdot \rho \cdot q_v = 51,965 \cdot 10^3 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 233,8425\ Watts$

6- la puissance absorbée par la pompe : $\mathcal{P}_a = \frac{\mathcal{P}_u}{\eta} = \frac{233,8425}{0,94} = 248,768\, watts$

App4-

1- La vitesse du fluide dans la canalisation : $C=\frac{q_v}{S}=\frac{4q_v}{\pi\cdot d^2}=\frac{4\cdot 30\cdot 10^{-3}}{3{,}14\cdot 0{,}1^2}=3{,}821\ m/s$

Le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement :

$\Re e=C\cdot\frac{d}{\upsilon}=3{,}821\frac{0{,}1}{10^{-6}}=38{,}21\cdot 10^5\geq 10^5$ L'écoulement turbulent rugueux.

2- La puissance minimale de la pompe : Bernoulli entre 0 et 3 avec machine :

$W_{0-3}=\frac{P_3-P_0}{\rho}+\frac{C_3^2-C_0^2}{2}+g\left(z_3-z_0\right)+J_{0-3}$ avec :

$P_3=P_0=10^5\ Pa; z_3-z_0=40\ m; \Delta z=J_{0-3}=0{,}1\cdot 40=4\ m; C_3=C_0=0$ (fluide immobile hors du conduite)

$W_{0-3}=0+0+9{,}81\cdot 40+9{,}81\cdot 4=431{,}64\ J/kg$

d'où $\mathcal{P}_{min}=W_{03}\cdot q_m=W_{03}\cdot\rho\cdot q_v=431{,}64\cdot 10^3\cdot 30\cdot 10^{-3}=12949{,}2\ Watts$

3- Les pressions à l'entrée et à la sortie de la pompe :

- Pressions à l'entrée de la pompe : Bernoulli entre 0 et 1 sans machine :

$$\frac{P_1-P_0}{\rho}+\frac{C_1^2-C_0^2}{2}+g\left(z_1-z_0\right)+J_{01}=0$$

avec $P_0=10^5\ Pa; C_0=0; C_1=3{,}821\ m/s; z_1-z_0=2\ m; \Delta z=0{,}1\cdot 2=0{,}2\ m$; donc :

$$P_1=P_0-\rho\left[\frac{C_1^2}{2}+g\left(z_1-z_0\right)+J_{01}\right]=10^5-10^3\left[\frac{3{,}821^2}{2}+9{,}81\cdot 2+9{,}81\cdot 0{,}2\right]=71117{,}9795\ Pa=0{,}71\ bars$$

- Pressions à la sortie de la pompe : Bernoulli entre 2 et 3 sans machine :

$$\frac{P_3-P_2}{\rho}+\frac{C_3^2-C_2^2}{2}+g\left(z_3-z_2\right)+J_{23}=0$$

avec $P_3=10^5\ Pa; C_3=0; C_2=3{,}821\ m/s; z_1-z_0=38\ m; \Delta z=0{,}1\cdot 38=3{,}8\ m$; donc :

$$P_2=P_3+\rho\left[\frac{-C_2^2}{2}+g\left(z_3-z_2\right)+J_{23}\right]=10^5+10^3\left[\frac{-3{,}821^2}{2}+9{,}81\left(38+3{,}8\right)\right]=502757{,}9795\ Pa=5{,}027\ bars$$

App5-

1- La perte de charge linéaire entre les sections extrêmes 1 et 2 de la conduite : Bernoulli entre 1et 2 sans machine :

$$\frac{P_2-P_1}{\rho}+\frac{C_2^2-C_1^2}{2}+g\left(z_2-z_1\right)+J_{1-2}=0$$

avec $P_1=5{,}4\cdot 10^5\ Pa; P_2=1{,}2\cdot 10^5\ Pa; C_2=C_1; z_2-z_1=40\ m;$;

Alors : $J_{1-2}=-\frac{P_2-P_1}{\rho}-0-g\left(z_2-z_1\right)=-10^5\frac{1{,}2-5{,}4}{1000}-10\cdot 40=20\ J/kg$

- En hauteur d'eau : $\Delta z=\frac{J_{1-2}}{g}=\frac{20}{10}=2\ m$
- En variation de pression : $\Delta P=\rho\cdot J_{1-2}=10^3\cdot 20=0{,}2\ Pa$

2- Le nombre de Reynolds et en déduire la nature de l'écoulement :

$\Re e=C\cdot\frac{d}{\upsilon}=5\cdot\frac{0{,}12}{10^{-6}}=6\cdot 10^5\geq 10^5$ L'écoulement turbulent rugueux.

3- Le coefficient de perte de charge linéaire " λ "dans la conduite : $|J_{1-2}| = \lambda \cdot \frac{C^2 \cdot L}{2 \cdot d}$ alors

$$\lambda = \frac{2 \cdot d \cdot |J_{1-2}|}{C^2 \cdot L} = \frac{2 \cdot 0{,}12 \cdot 20}{25 \cdot 40} = 0{,}0048$$

4- Le travail échangé entre la pompe et un kilogramme d'eau qui la traverse : Bernoulli entre 0 et 1 avec machine :

$$W_{0-1} = \frac{P_1 - P_0}{\rho} + \frac{C_1^2 - C_0^2}{2} + g(z_1 - z_0) + J_{0-1}$$

avec : $P_1 = 4{,}5 \cdot 10^5\ Pa; P_0 = 10^5\ Pa; z_1 = z_0; C_1 = 5\ m/s; C_0 = 0$ (fluide immobile hors du conduite)

$$W_{0-1} = \frac{5{,}4 - 1}{1000} \cdot 10^5 + \frac{25}{2} + 0 = 452{,}5\ J/kg$$

5- ➢ Le débit volumique de la pompe : $q_v = C_1 S_1 = 5 \cdot 3{,}14 \cdot \frac{0{,}12^2}{4} = 0{,}05652\ m^3/s$

➢ Le débit massique de la pompe : $q_m = \rho \cdot q_v = 10^3 \cdot 0{,}05652 = 56{,}52\ kg/s$

6- La puissance absorbée : $\mathcal{P}_a = \frac{\mathcal{P}_u}{\eta} = \frac{W_{01} \cdot q_m}{\eta} = \frac{452{,}5 \cdot 56{,}52}{0{,}85} = 30088{,}58\ Watts = 30\ KW$

App6-

1- La célérité C_3 dans la conduite en (m/s) : $C_3 = C \cdot \frac{S}{S_3} = 0{,}06 \cdot \left(\frac{50}{10}\right)^2 = 1{,}5\ m/s$

2- ➢ Le débit volumique :

$$q_v = C \cdot S = 0{,}06 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 50^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 117{,}75 \cdot 10^{-6}\ m^3/s$$

➢ Le débit massique :

$$q_m = \rho \cdot q_v = 850 \cdot 117{,}75 \cdot 10^{-6} = 0{,}1\ kg/s$$

3- La pression P_3 d'alimentation du vérin en (pascal) : $P_3 = \frac{F_1}{S} = \frac{4 \cdot 35 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 50^2 \cdot 10^{-6}} = 17834394{,}904\ N/m^2$

4- Le travail W_{1-2} fourni par la pompe en (J/kg) : $W_{1-2} = \mathcal{P}/q_m = \frac{2{,}5 \cdot 10^3}{0{,}1} = 25 \cdot 10^3\ J/kg$

5- La pression de refoulement de la pompe P_2 : $z_2 = z_3$ surface isobare implique : $P_2 = P_3 = 17834394{,}904\ N/m^2$

6- Les pertes de charge J_{1-2} en (J/kg) : $J_{1-2} = W_{1-2} - \frac{P_2 - P_1}{\rho} - \frac{C_2^2 - C_1^2}{2} - g(z_2 - z_1)$

$$J_{1-2} = 25 \cdot 10^3 - \frac{17834394{,}904 - 10^5}{850} - \frac{1{,}5^2}{2} - 10 \cdot 0{,}5 = 4129{,}88\ J/kg$$

7- Le rendement de l'installation : $\eta = \frac{\mathcal{P}_u}{\mathcal{P}_a} = \frac{q_m(W_{1-2} - J_{1-2})}{q_m W_{1-2}} = 1 - \frac{J_{1-2}}{W_{1-2}} = 1 - \frac{4129{,}88}{25000} = 0{,}834$

App7-

1- L'énergie utile sur l'installation de turbinage :

L'énergie disponible sur l'installation de turbinage : Bernoulli entre 1et 4 avec machine et sans perte de charge :

$$W_{14} = \frac{P_4 - P_1}{\rho} + \frac{C_4^2 - C_1^2}{2} + g(z_4 - z_1) = g(z_4 - z_1) = 9{,}81(-420) = -4120{,}2\ J/kg$$ car $P_1 = P_2; C_2 = C_1$

Alors : $J_{1-4} = \frac{4120{,}2}{7} = 588{,}6\ J/kg$

donc l'installation de turbinage dispose d'une énergie utile : $W_{1-4u} = 4120{,}2 - 588{,}6 = 3531{,}6\ J/kg$

2- Le nombre de conduites en parallèle pour un écoulement laminaire : Il faut que $\Re e = C \cdot \frac{d}{\upsilon} = \frac{4 \cdot q_v}{\pi \cdot d \cdot \upsilon} \leq 2300$

On connait la puissance de l'installation : $\mathcal{P} = W_{1-4u} \cdot q_m$

$$\Rightarrow q_m = \frac{\mathcal{P}}{W_{1-4u}} = \frac{10^9}{3531,6} = 283157,77\ kg/s = 2,83 \cdot 10^5\ kg/s$$

L'ensemble de " n " conduites doit avoir un débit volumique : $q_v' = n \cdot q_v = 283\ m^3/s$

L'écoulement laminaire nécessite: $\frac{4 \cdot q_v}{\pi \cdot d \cdot \upsilon} = \frac{4 \cdot q_v'}{\pi \cdot d \cdot n \cdot \upsilon} \leq 2300\ ; n \geq \frac{4 \cdot q_v'}{\pi \cdot d \cdot 2300 \cdot \upsilon} = \frac{4 \cdot 283}{3,14 \cdot 3 \cdot 2300 \cdot 10^{-6}} = 52247,76$

donc $n_{mini} = 52248\ canales$

3- La pression à l'entrée des turbines : Bernoulli entre 1et 3 sans machine : $0 = \frac{P_3 - P_1}{\rho} + \frac{C_3^2 - C_1^2}{2} + g(z_3 - z_1) + J_{1-3}$

avec : $P_1 = 10^5\ Pa; z_3 - z_1 = -420\ m; C_3 = \frac{q_v}{3} \cdot \frac{1}{S} = \frac{283}{3} \cdot \frac{1}{3,14 \cdot 1,5^2} = 13,352\ m/s; C_1 = 0$ donc :

$$P_3 = P_1 - \rho\left[\frac{C_3^2 - C_1^2}{2} + g(z_3 - z_1) + J_{13}\right] = 10^5 - 10^3\left[\frac{13,352^2 - 0}{2} + 9,81 \cdot (-420) + 588,6\right] = 3624924\ Pa = 36,24\ bars$$

App8-

1- Moment du couple théorique $\mathfrak{M}_{c(théorique)}$: C'est le moment du couple utile $\mathfrak{M}_{c(utile)}$ divisé par le rendement en couple :

On a : $\eta_{(en\ couple)} = \frac{\mathfrak{M}_{c(utile)}}{\mathfrak{M}_{c(théorique)}}$ Soit $\mathfrak{M}_{c(théorique)} = \frac{\mathfrak{M}_{c(utile)}}{\eta_{(en\ couple)}} = \frac{201}{0,85} = 236,47\ Nm$

2- Le volume par tour du moteur (cylindrée) : Formule du moment du couple utile d'un moteur hydraulique

On a $\mathcal{P} = P \cdot q_v = \mathfrak{M}_{c(théorique)} \cdot \omega$ et $q_v = Cy \cdot \frac{N}{60}$ Soit $Cy = \frac{60 \cdot \mathfrak{M}_{c(théorique)} \cdot \omega}{P \cdot N} = \frac{60 \cdot \mathfrak{M}_{c(théorique)} \cdot 2\pi \cdot N}{P \cdot N \cdot 60}$

Donc $Cy = \frac{2\pi \cdot \mathfrak{M}_{c(théorique)}}{P} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 236,47}{110 \cdot 10^5} = 1,35 \cdot 10^{-4}\ m^3 = 0,135\ dm^3$

3- Débit utilisé dans le moteur : $q_{v(moteur)} = Cy \cdot \frac{N}{60} = 1,35 \cdot 10^{-4} \frac{80}{60} = 0,18 \cdot 10^{-3}\ m^3/s = 10,8\ litres/min$

Et le débit à choisir pour la pompe : $q_{v(pompe)} = \frac{q_{v(moteur)}}{\eta_{(volumitrique)}} = \frac{10,8}{0,90} = 12\ litres/min$

On remarque que le moteur a un débit de fuite de 12 - 10,8 = 1,2 ℓ /min.

4- Puissance disponible sur l'arbre : $\mathcal{P}_u = \mathfrak{M}_{c(utile)} \cdot \omega = \frac{\mathfrak{M}_{c(utile)} \cdot 2\pi \cdot N}{60} = \frac{201 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 80}{60} = 1683,04\ Watts$

5- Puissance reçue (puissance dépensée) : $\mathcal{P} = P \cdot q_v = 110 \cdot 10^5 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-3}}{60} = 2200\ Watts$

6- Rendement global : $\eta_g = \frac{Puissance\ utile}{Puissance\ dépensée} = \frac{1683,04}{2200} = 0,76$

7- La vitesse de l'huile dans la tuyauterie : $C = \frac{q_{v(pompe)}}{S} = \frac{4 \cdot q_{v(pompe)}}{\pi \cdot d_{int}^2} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,008^2 \cdot 60} = 3,98\ m/s$

Remarque :

Si, au cours de l'étude, un élève repère ce qui lui semble être une erreur ou fautes de frappe, il le signale au professeur de la matière !!!