

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 ?

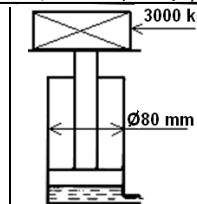
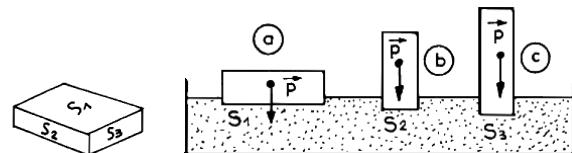
Ex3- La section du piston d'une presse étant de 300 cm^2 ($\varnothing \approx 20 \text{ cm}$) et la pression étant de 200 bars. **Calculer** la force de cette presse en daN et N ?

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.

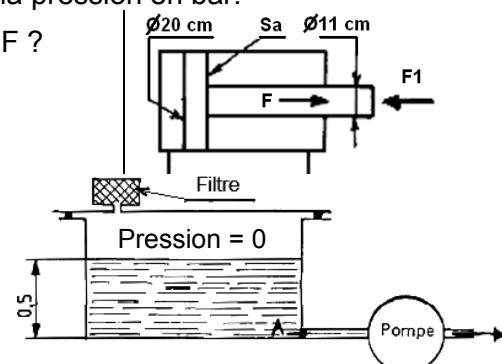
Quelle est la pression nécessaire pour maintenir cette charge F_1 ?



PRESSION DANS UN LIQUIDE AU REPOS

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

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



VITESSE - DÉBIT- ÉQUATION DE CONTINUITÉ

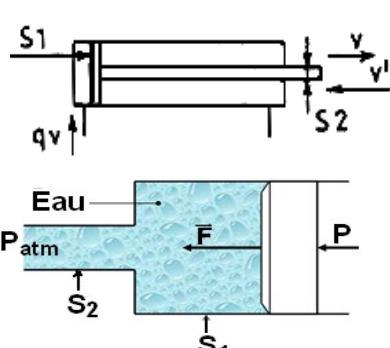
Ex7- De l'huile ayant pour viscosité cinématique $\nu = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, circule dans une canalisation de $\varnothing_d = 20 \text{ mm}$. **Calculer** le débit volumique maximal de cette huile pour que l'écoulement reste laminaire.

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 ; ($S_2=15 \text{ cm}^2$)



DYNAMIQUE DES FLUIDES INCOMPRESSIBLES

Ex9- On donne $S_1 = 100 \text{ cm}^2$; $S_2 = 2 \text{ cm}^2$ et $C_2 = 10 \text{ m/s}$. **Calculer** F ?

PUISSSANCE 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'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 .

$$\begin{array}{l} 2 \\ | \\ \begin{array}{l} z_2 = 40 \text{ m} \\ C_2 = 5 \text{ m/s} \\ P_2 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{array} \\ | \\ 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} Z_1 = 0 \text{ m} \\ C_1 = 5 \text{ m/s} \\ P_1 = 5,4 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{array}$$

Ex13- 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 $\varepsilon = 0,2 \text{ mm}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ 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 $q_v = 1 \text{ l/s}$;

☞ 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 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 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

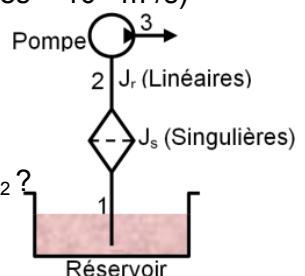
1- **Calculer** la vitesse d'écoulement du fluide dans la conduite d'aspiration ?

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 $\lambda = 64/\text{Re}$?

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 $J_{1-2} = -18 \text{ J/kg}$



Ex15- 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 P_{pompe} de la pompe ?

Applications

Calcul d'une pompe

App1- Une pompe à une puissance de 1 kW est immergée dans un puits, et assurer un débit de $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$. 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 ($P_0 = P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$).

Le tube de refoulement BC à une section constante égale à 800 mm^2

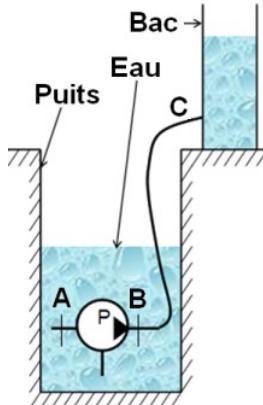
1- **Calculer** le débit massique de la pompe.

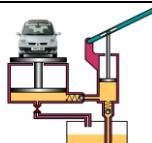
2- **Quelle** est la vitesse d'écoulement de l'eau dans le tube BC.

3- **Quel** travail la pompe échange-t-elle avec 1 kg 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.





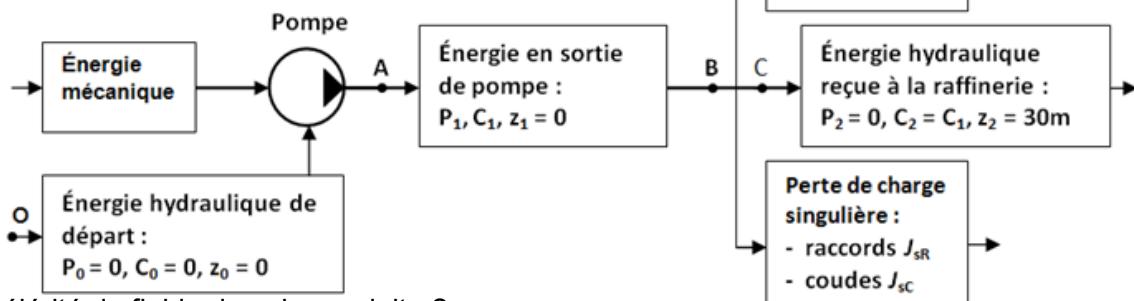
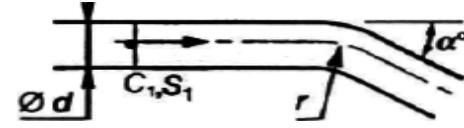
ACHEMINEMENT DE L'HYDROCARBURE

App2. Une conduite de diamètre $d = 150$ mm permet de transférer un produit pétrolier de masse volumique $\rho = 0,9 \cdot 10^3$ kg/m³ et de viscosité dynamique $\mu = 0,3$ 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 $\varepsilon_V = 0,1$ et trente coudes à 90° dont le rayon est $r = 400$ mm, ε_C est déterminé par la relation suivante :

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

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 ?

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 $\eta = 0,94$ 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 ?

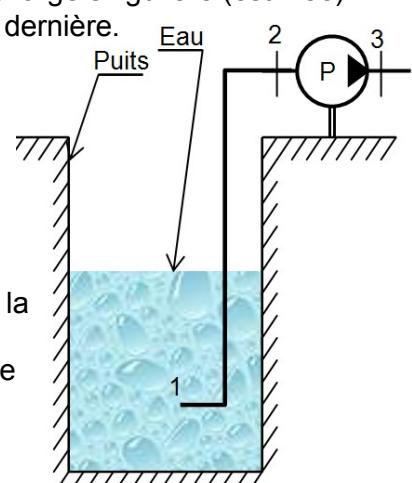
2- Calculer le nombre de Reynolds, en déduire la nature de l'écoulement ?

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 ?

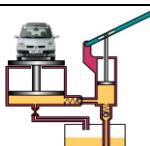
4- Calculer la pression P_2 à l'entrée de la pompe et vérifier que la condition de non cavitation est respectée ?

5- Calculer la puissance nette de la pompe ?

6- Calculer la puissance absorbée par celle-ci ?



*Cavitation : remplies de vapeur ou de gaz.



App4- Une pompe, située 2 m au-dessus d'un bassin d'alimentation, doit éléver 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 $\text{Ø}_d = 100 \text{ mm}$. On estime les pertes de charges à 0,1m par mètre de *dénivelée.

1- Calculer la vitesse du fluide dans la canalisation ; et indiquer la nature de l'écoulement ?

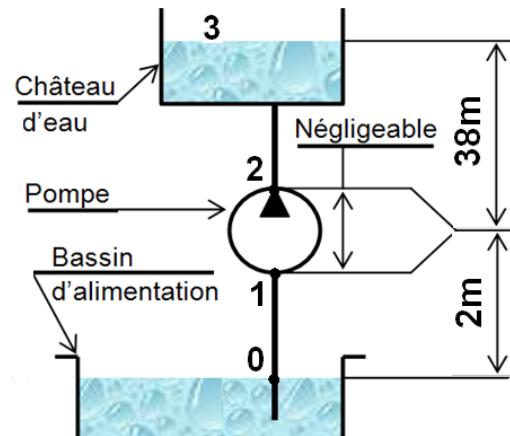
2- Calculer la puissance minimale de la pompe ?

3- Calculer les pressions à l'entrée et à la sortie de la pompe ?

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

- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

- 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 $L = z_2 - z_1 = 40 \text{ m}$ et de diamètre $d = 120 \text{ mm}$.

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

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

On donne la viscosité cinétique de l'eau : $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

On néglige les pertes de charge singulières et on donne : $g = 10 \text{ m/s}^2$.

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 ?

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 $C = 0,06 \text{ m/s}$)

Données : - Diamètre de la conduite $d = 10 \text{ mm}$;

- action de 1 sur la tige $F_{1/\text{tige}} = 3500 \text{ daN}$;

- Puissance fournie par la pompe : $\mathcal{P} = 2,5 \text{ kW}$

- Masse volumique de l'huile : $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$;

- Pression atmosphérique : $P_0 = P_a = 10^5 \text{ Pa}$;

- $z_2 - z_1 = 0,5 \text{ m}$; $z_2 = z_3$; $C_1 = 0 \text{ m/s}$; $g = 10 \text{ N/kg}$.

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) ?

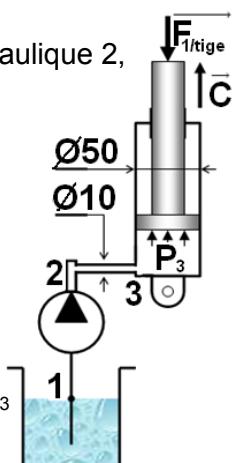
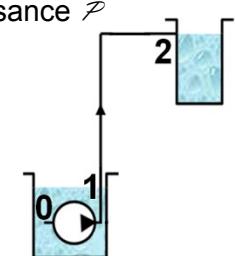
4- Calculer le travail W_{1-2} fourni par la pompe en (J/kg) ?

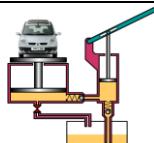
5- On suppose que les pertes de charge J_{2-3} dans la canalisation (2-3) sont nulles.

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 ?





Calcul d'une turbine

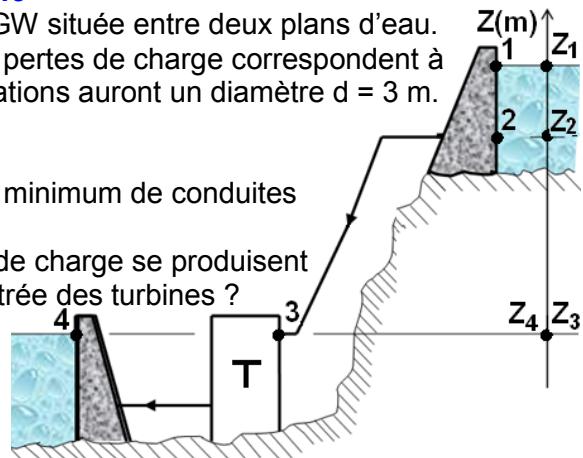
App7- On veut pré déterminer une installation hydraulique de 1 GW située entre deux plans d'eau.

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 $d = 3 \text{ m}$. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

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 : $\varnothing_{\text{int}} = 8 \text{ mm}$; $\varnothing_{\text{ext}} = 13 \text{ mm}$).

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 $d_v = 100 \text{ mm}$
- 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 $75 \cdot 10^3 \text{ N}$, sa tige se déplaçant à la vitesse uniforme de $V_v = 0,2 \text{ m/s}$.

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

♦ La tuyauterie de refoulement de la pompe a une longueur $L_t = 8 \text{ m}$ et un diamètre intérieur de $d_t = 21,6 \text{ mm}$

♦ L'huile utilisée a une viscosité de $0,25 \text{ St}$ et sa masse volumique est de 850 kg/m^3 .

♦ 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. (1,57.10³ 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 $P_3 = 107,26 \text{ bar}$)

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)

