

EXERCICE A :

Un jet d'eau horizontal de section s et de vitesse U frappe une plaque homogène, carrée de côté a . La plaque est articulée autour d'un axe horizontal passant par un de ses côtés. Sous l'action du jet, la plaque s'incline d'un angle α par rapport à la verticale. L'axe du jet se situe en dessous et à la distance verticale h de l'articulation de la plaque dont la masse est M . Celle-ci est en équilibre sous l'action du jet.

- ① Exprimez α en supposant qu'il n'existe aucun frottement.
- ② Sachant que : $s = 10 \text{ cm}^2$, $U = 3 \text{ m/s}$, $h = 0,60 \text{ m}$, $a = 900 \text{ mm}$ et $M = 2,4 \text{ kg}$, calculez α .

EXERCICE B :

Un ventilateur aspire de l'air à 20° C ($\nu = 15,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) et le refoule dans une conduite horizontale de ventilation avec un débit de $5 \text{ m}^3/\text{min}$. Ce circuit débouche dans un tunnel où la pression est voisine de la pression atmosphérique. La conduite, en tôle soudée de rugosité égale à $0,1 \text{ mm}$, a un diamètre de 10 cm et une longueur totale de 200 m .

- ① Dans le cas présent, peut-on négliger la compressibilité de l'air ? Justifiez par le calcul votre réponse.
- ② Quelle doit être la puissance du ventilateur pour respecter le débit annoncé ? (On négligera pour ce calcul l'existence de pertes singulières dans l'installation.)

EXERCICE C :

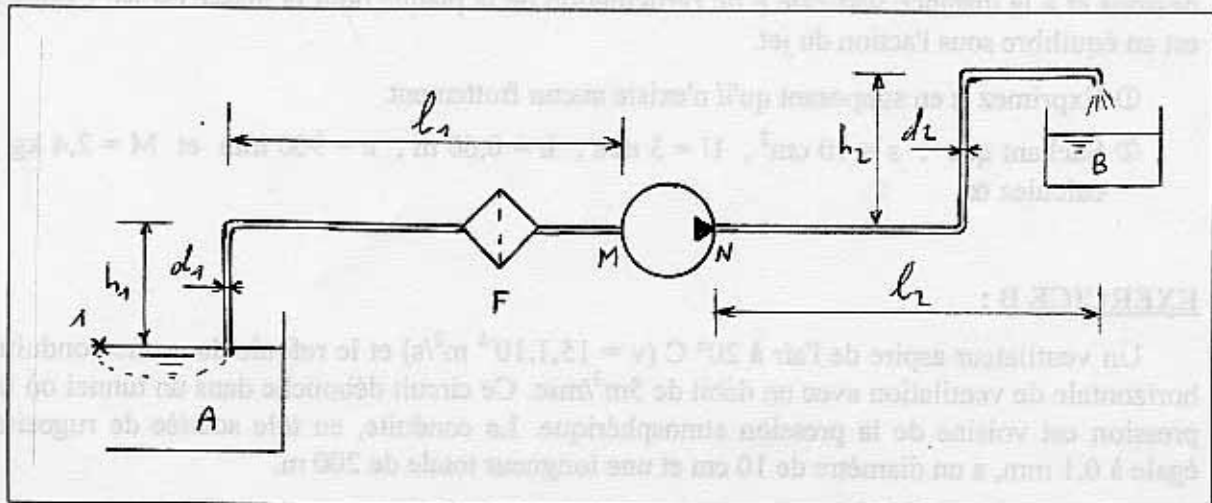
Dans un écoulement d'air, les caractéristiques en un point sont : $U = 100 \text{ m/s}$, $p = 1,013 \text{ bar}$, $t = 15^\circ \text{ C}$, $r = 287 \text{ J/kg K}$.

Calculez la pression d'arrêt :

- ① en négligeant la compressibilité de l'air.
- ② en tenant compte de la compressibilité de l'air.

EXERCICE D :

Le schéma suivant représente une installation simplifiée de pompage destiné à l'irrigation. La pompe aspire l'eau en A pour alimenter le réservoir B. La pompe est équipée à l'extrémité du tuyau d'aspiration d'une crépine afin d'éviter l'aspiration de débris végétaux et autres matériaux solides. On schématise ici cette crépine par un orifice d'aspiration libre et par un filtre F de coefficient de perte de charge $\xi_F = 4$ placé sur la conduite d'aspiration. Celle-ci comporte par ailleurs un coude à 90° . La conduite de refoulement comporte, quant à elle, trois coudes à 90° et rejette l'eau à la sortie du troisième coude. Tous les coudes ont un rapport R/D égal à 2.



La conduite d'aspiration et la conduite de refoulement sont en fonte de rugosité uniforme $k = 0,25$ mm. Les longueurs sont $\ell_1 = 50$ m et $\ell_2 = 20$ m. Les hauteurs sont $h_1 = h_2 = 2$ m. Les dimensions du réservoir A sont telles que h_1 est une constante. On prendra $\alpha + \epsilon = 1,2$.

Rappel : La hauteur manométrique d'une pompe traduit le gain de charge. C'est l'opposé d'une perte de charge.

- ① Les deux conduites ont un diamètre identique $d_1 = d_2 = 5$ cm. La consommation d'eau du bassin B nécessite un apport de 500 l/min.
 - a) Déterminez l'expression de la hauteur manométrique de la pompe pour le fonctionnement de l'installation.
Vérifiez par le calcul que $\Delta H_{NM} = 53$ m c e et justifiez vos hypothèses.
 - b) Sachant que la pression de vapeur saturante de l'eau à 20° C est $p_{vs} = 2338$ Pa, le fonctionnement de l'installation est-il possible ?
 - c) Déterminez le diamètre d_1 minimal en négligeant pour ce calcul les pertes singulières et en utilisant la même valeur Λ que dans a).
- ② a) On retient 100 mm comme valeur de d_1 . Que devient alors la hauteur manométrique de la pompe ?
Les pertes singulières seront prises en compte pour répondre.
(Domaine d'utilisation de la formule de Blasius : $3000 \leq Re \leq 1,5 \cdot 10^5$
 $\Lambda = 0,316 Re^{-1/4}$)
 - b) Justifiez vos calculs.

1/ PNEUMATIQUE : 12 points

Un dispositif comprenant 2 vérins identiques liés en parallèle à un étrier permet à ce dernier :

- ① De déplacer une pièce A vers une pièce B. La course est de 100 mm ; elle est parcourue en 0,1 s à accélération constante.
 - ② De maintenir A en pression sur B pendant 10 s afin de réaliser un collage. La force A/B est constante = 100 N.
 - ③ De revenir à sa position initiale, pour accueillir une nouvelle pièce A, à décélération constante pendant 0,1 s.
- Les vérins sont à double effet à commande et sortie parallèles.
 - Le diamètre piston est 12 mm, le diamètre tige 4 mm.
 - L'étrier + les liaisons ont une masse de 0,6 kg ; les frottements sont de 10N ; les forces de rappel de l'étrier sont négligeables.
 - La masse de la pièce A est 1,4 kg.

1/ Quels sont les efforts, aller, maintien, retour à exercer par le vérin.

2/ Quels sont pour un cycle les débits maxi CN (1at ; 0° C) et les puissances maxi mis en jeu. La température air/vérin = 40° C ; la pression ambiante est de 1 bar.

3/ Les vérins sont alimentés par un réservoir de 100 litres chargé à une pression initiale de 10 bars ; quel est le nombre de cycles (aller, maintien, retour) possible pour une chute de pression réservoir au plus égale à 3 bars. Cette variation est isotherme et $t^0 = 40^{\circ}C$.

4/ Le réservoir est chargé par un compresseur fonctionnant à 25 % du temps. Quelle est la puissance nécessaire de recharge si son taux de compression est de 10 et la transformation polytropique ?

5/ Donner un schéma de l'alimentation en air, des commandes et contrôles nécessaires.

NOTA : $W = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{Q}{(a)} \cdot \frac{P}{Pe} \cdot \frac{\gamma}{\gamma-1} \left[\frac{Pf}{Pe}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$ avec $\left\{ \begin{array}{l} Pe = \text{ambiante} = 1 \text{ bar d'entrée} / \gamma = 1,3 / R = 8,32 \text{ joules/mole}^{\circ}K / \eta = \text{rendement} ; \text{volumétrique} = 0,9 , \text{mécanique} = 0,85 \\ W = \text{puissance totale installée du compresseur.} \end{array} \right.$

2/ HYDRAULIQUE : 8 points

- La base tournante d'un robot est motorisée bi-sens, à travers une réduction en couple de 5, par un moteur hydraulique à pistons/barillet de cylindrée fixe alimenté à une pression $p \bullet p$ est pilotable et consigné à 400 bars pour la charge maximale. L'inertie minimale sans charge (ensemble replié) est de 80 m² kg ; l'inertie maximale sans charge (ensemble déplié) est de 120 m² kg. Dans cette position le robot supporte en bout de bras une charge maxi de 50 kg distante de 1,5 m de l'axe de la base.
- Dans les deux cas extrêmes (Inertie Mini seule et Imaxi + charge), le robot doit pouvoir tourner de 180° en 0,5 s (bi- sens) à accélération constante. Les frottements totaux représentent un couple de 100 N•m et la pression de sortie moteur est calibrée à 20 bars.

1/ Calculer pour chaque cas, les débits nécessaires, les pressions et la cylindrée nominale du moteur. (rendements = 1).

2/ La longueur de tuyauterie pompe/moteur est de 5 m, et son diamètre de Ø 17 mm ; pour une huile de 30 cts de viscosité et de 900 kg/m³ de masse spécifique, quelle est la perte de charge maxi possible ? et quelles peuvent être ses conséquences suivant le dispositif choisi (ouvert sur l'ambiante ou fermé pour pénétrée pompe ≥ 18 bars.

3/ Proposer en circuit fermé, une solution d'alimentation, de commande et de contrôle de la motorisation. Quelles sont les options et précautions indispensables et pourquoi ?

NOTA : λ pertes = 0,316/Re^{0,25} ou 64/re suivant Re (Reynolds Vd/v) > 2 000 ou < 2 000 ; 1 cts = 10⁻⁶ 10 m²/s.