

QUESTION N° 1 (3 points)

- a) La figure 1 représente un arrangement typique moteur – réducteur – machine entraînée. Le réducteur a un ratio de 38:1. Le moteur a une puissance de 50 kW.

Si vous aviez à installer un embravage à disques entre le moteur et la machine entraînée, est-ce que vous l'installeriez en position 1 ou en position 2? Pourquoi?

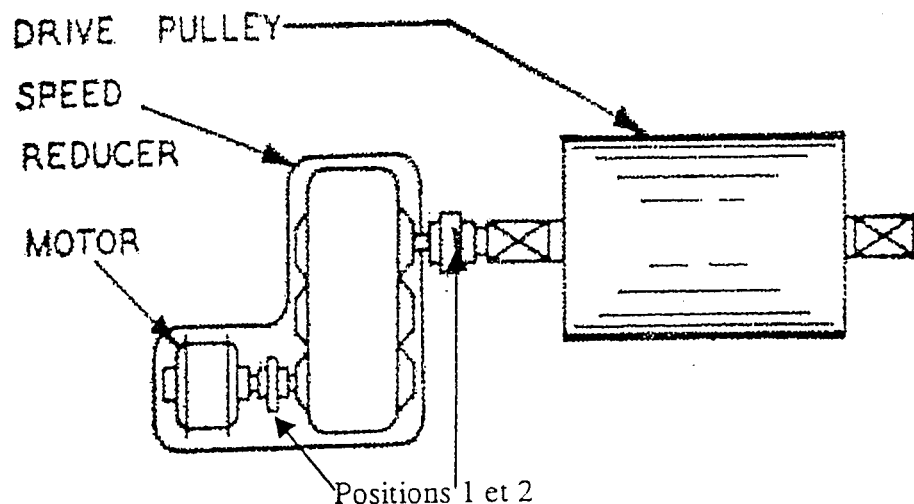
Appuyez votre réponse avec des équations. Mettez clairement en évidence vos hypothèses (maximum $\frac{1}{2}$ page).

- b) Une cage d'ascenseur avec ses passagers et tout le câble font une masse maximale de 1000 kg.

En vitesse de pointe, la cage voyage à 3 m/s. En service continu, cet ascenseur doit pouvoir faire un arrêt toutes les 15 secondes à partir d'une vitesse de 3 m/s.

Le code canadien exige que tous les calculs soient faits avec la masse maximale et un facteur de sécurité de 10.

Quelles doivent être les capacités thermiques du frein?



REDUCER COUPLED TO MOTOR AND
HEAD SHAFT

Figure 1

QUESTION N° 2 (3 points)

- a) Des problèmes d'alignement font que l'accouplement flexible à la position 2 de l'arrangement de la figure 1 s'use rapidement.

Au meeting hebdomadaire, quelqu'un propose de remplacer cet accouplement par une chaîne. Cela règlera, selon son dire, le problème d'alignement.

Sachant qu'à la position 2 :

- $N_2 = 45 \text{ tr/min}$;
- $T_2 = 10 \times 10^3 \text{ N}\cdot\text{m}$ (88 510 lb·po);
- la charge en porte-à-faux admissible sur l'arbre de sortie du réducteur = $80 \times 10^3 \text{ N}$ (18 000 lb);
- la puissance effective $P'_2 = 60 \text{ H.P.}$;

faites :

- 1- un calcul de diamètre de roue dentée pour rencontrer les exigences de couple et de charge en porte-à-faux; \rightarrow *engrenage*
 - 2- une recommandation de pas (n° de chaîne) et de largeur de chaîne (nombre de rangs de maillage); il peut y avoir plus d'une solution.
- b) Est-ce qu'une courroie plate ou une courroie trapézoïdale serait une autre alternative plus intéressante? Commentez brièvement (5 lignes).

QUESTION N° 3 (3 points)

Soit une roue dentée (engrenage) pour laquelle :

- le pas diamétral $P = 10 \text{ po}^{-1}$;
- l'angle de pression $\phi = 20^\circ$;
- le nombre de dents $N = 15$;
- la saillie (a), le creux (b) et l'épaisseur de la dent (t) au cercle primitif sont selon la norme AGMA 201.02-1968 et 207.06-1974.

- a) Quel est le diamètre primitif?
- b) Quelle est la hauteur totale de la dent (du cercle de creux au cercle de saillie)?
- c) Quel est l'angle de développante au rayon $R = 0.85 \text{ po}$? $\cos \phi_b = \frac{R}{r_b} \cos \phi_a$
- d) Quel est le plus grand engrenage ($N_{2 \max}$) avec lequel ce pignon peut s'engager sans interférence?
- e) En vous basant sur la limite d'écoulement d'un acier G10500 laminé à froid ($S_y = 580 \text{ MPa} = 84000 \text{ lb/po}^2$) et un facteur de sécurité de 1.5, calculez une largeur F de la face.

En première approximation, négligez les facteurs K_v , K_o , K_m et K_s . Le pignon de 15 dents tourne à 500 tr/min et transmet 0,5 H.P. (0,37 kW).

QUESTION N° 4 (3 points)

- a) La figure 2 illustre un train d'engrenages simple. Les chiffres entre parenthèses sont les nombres de dents de chaque roue.

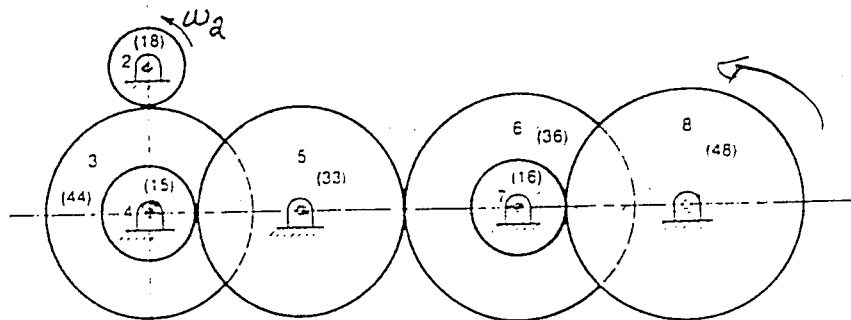
Calculez le ratio ω_2/ω_8 . Quel est le sens de rotation de la roue 8 pour le sens de rotation montré pour la roue 2?

Si le rendement des engrenages, avec les paliers, est de 98 %/engrènement, quel est le rendement de ce train?

- b) Quels sont les trois modes de bris les plus probables d'une boîte d'engrenages (réducteur)? Nommez seulement.

Les boîtes d'engrenages (réducteurs) nécessitent de la lubrification. Quels sont les trois points à surveiller concernant l'huile dans un réducteur pour assurer la durabilité prévue pour le réducteur? Nommez seulement.

Énumérez les facteurs par lesquels vous mesureriez (évalueriez) la *qualité* de l'huile dans un réducteur.



$$\frac{\omega_2}{\omega_8} = \left(\frac{-\omega_2}{\omega_3} \right) \cdot \frac{-\omega_4}{\omega_5} \cdot \frac{-\omega_6}{\omega_7} \cdot \frac{-\omega_8}{\omega_8} = \frac{\omega_2}{\omega_8} \uparrow = \omega_8$$

$$= \frac{N_3}{N_2} \cdot \frac{N_5}{N_4} \cdot \frac{N_6}{N_5} \cdot \frac{N_8}{N_7} = \frac{44 \cdot 33 \cdot 36 \cdot 48}{18 \cdot 15 \cdot 35 \cdot 16} = 17,6$$

QUESTION N° 5 (3 points)

- a) Si vous aviez à calculer une vis de transmission et son écrou en *résistance*, nommez les points (le genre d'efforts) que vous vérifieriez (il y a 6 à 8 points à vérifier).
- b) Soit un boulon M16×2, classe 10.9. Le diamètre à la racine d'un boulon M16×2 est $d_r = 13,83$ mm.

Supposez des valeurs moyennes de frottement dans les filets et entre la tête du boulon et les membrures.

Calculez le couple de serrage T en fonction de la force de serrage initiale F_i .

Calculez les contraintes de torsion dans la tige du boulon en fonction de F_i . Supposez que 50 % du couple de serrage sert à vaincre le frottement entre l'écrou qui tourne contre les membrures.

Calculez la valeur maximale de F_i pour conserver un facteur de sécurité dans le boulon de 1,2 lors du serrage.

QUESTION N° 6 (1 point)

- a) Pourquoi, pour les vis de transmission à filet ACME, la vis est-elle généralement en acier et l'écrou en bronze?
- b) Pourquoi ferait-on subir un traitement thermique à la surface des filets d'une vis de transmission à filets ACME? Cette vis fonctionne à très basse vitesse, mais plusieurs heures/jour.

QUESTION N° 7 (1 point)

Vous êtes l'ingénieur de l'usine d'une moyenne entreprise située loin des grands centres.

On vous téléphone à la maison à 20 h : un réducteur chauffe dangereusement. Que fait-on? La production est arrêtée : des k\$ sont en jeu.

Sur place, vous constatez que le niveau d'huile est trop bas (bel entretien!).

Sur la plaque du réducteur, il est marqué d'y mettre de l'huile ISO 150. Vous n'en avez pas sous la main et le fournisseur est fermé!

Vous chargez un mécanicien de faire une razzia dans toutes les stations services des environs pour rapporter 25 litres d'huile à moteur en attendant le lendemain.

Quelle viscosité SAE allez-vous lui demander d'acheter?

QUESTION N° 8 (1 point)

La figure 3 montre le montage d'une roue d'un pont roulant sur rail avec des roulements à billes à gorge profonde.

- a) Comment faut-il monter les roulements :
- 1- la bague extérieure serrée dans la roue et la bague intérieure glissante sur l'arbre?
 - 2- la bague extérieure glissante dans la roue et la bague intérieure serrée sur l'arbre?
- b) La roue de la figure 3 roule en moyenne à 20 tr/min et porte une charge radiale de 7,25 tonnes (1 tonne = 1000 kg) et une charge axiale de 3,5 tonnes.

Calculez la capacité en charge dynamique C que devront avoir ces roulements pour une vie utile de 5 ans à 16 h/jour, 300 jours/an. Utilisez une certitude de 90 %.

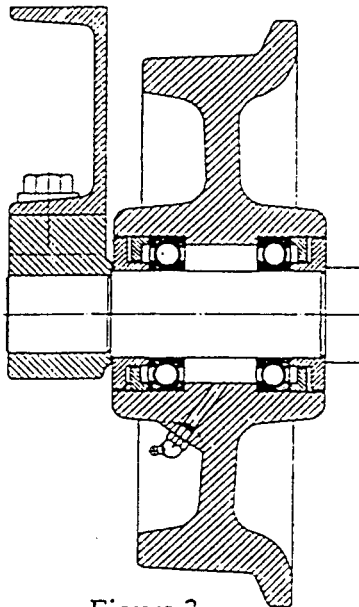


Figure 3

QUESTION N° 9 (1 point)

Soit un équipement dont vous ne connaissez pas la sensibilité au déséquilibre.

Évaluez la fourchette (la gamme) dans laquelle devrait se trouver la tolérance de déséquilibre d'un accouplement de 10 kg qui tourne à 3450 tr/min.

QUESTION N° 10 (1 point)

- a) Par rapport à son couple de pleine charge :
- quel est l'ordre de grandeur du couple de démarrage d'un moteur industriel à induction, 3 phases, design B ou C?
- b) En parlant d'un moteur à induction monophasé, à quoi réfère-t-on quand on dit que c'est un moteur à condensateur ou un moteur à résistance ou un moteur à phase partagée permanente?

Total : 20 points

Le professeur : Henri Yelle

Aliver 2000

Q:1

$$a) T = \pi f p_a \frac{d}{8} (D^2 - d^2) n \Rightarrow \frac{8T}{\pi f p_a} = (D^2 - d^2) \times \frac{d^3}{d^3}$$

$$= \frac{8T}{\pi f p_a} = \left(\frac{D^2}{d^2} - 1 \right) d^3$$

$$\Rightarrow \sqrt[3]{\frac{8T}{\pi f p_a \left(\frac{D^2}{d^2} - 1 \right)}} = d = 1,13 \sqrt[3]{\frac{T}{f \cdot p_a}}$$

Ainsi, toutes les conditions étant les mêmes, un embrayage placé en position 2 sera $\sqrt[3]{35} = 3,36$ fois plus grand, en diamètre, qu'un embrayage placé en position 1.

- b) $n = 1000 \text{ rev}$
 • $v = 3 \text{ m/s}$ (constant)
 • met tous les 15 s à partir de 3 m/s
 $FS = 10$

$$\Delta T_{\text{emp}} = \frac{E}{Cw}$$

$$E_{\text{ch}} = \frac{m}{2} v^2 = 4500 \text{ de } T = 1,5 \text{ s}$$

(-43) \Rightarrow

Aliver 2000

$$T_2 = 80 \text{ } 10^3 \text{ } d$$

$$\Rightarrow d = \frac{T_2}{CPAF} \text{ } 1^3$$

HIVER 2000

Q.3

$$a) D = \frac{N}{P} = \frac{15}{10} = \boxed{1,5 \text{ po}}$$

$$b) V = 20 \rightarrow (a) 1000/P = 0,1 \text{ po}$$

$$(b) 1,25/P = 0,125 \text{ po}$$

$$\text{émission seule prime } 1/2 P = 0,157 \text{ po}$$

$$\text{émission en même } 0,35/P = 0,035 \text{ po}$$

$$h = a + b = \boxed{0,225 \text{ po}}$$

$$c) \quad b = n \cdot p \cdot \cos \phi = 0,75 \text{ ans } 20; \quad 0,765 \text{ po}$$

$$n = R \cdot \cos \phi \Rightarrow \phi = \cos^{-1} \left(\frac{0,75}{0,55} \right) = 33,76^\circ$$

$$d) \quad 20 \rightarrow N_1 \geq 18 \text{ pas de défaillance}$$

$$N < 13 \Rightarrow \text{défaillance}$$

$$N_2 = \frac{4k^2 - N_1^2 \sin^2 \phi}{2N_1 A \cdot \sin^2 \phi - 4k} = \frac{-22,32}{-0,49} = 45,46 \Rightarrow N_2 = 45 \text{ défaillance}$$

$$e) \quad FS = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{W + P}{FS}$$

$$= \frac{0,56 + 37,0}{\pi \cdot (33,17)^2 \cdot 0,0001} = 370,944 \text{ N/mm}^2$$

$$J = 0,23$$

$$\sigma = \frac{833,9}{FS(0,23)}$$

$$\sigma = \frac{3625,7}{FS}$$

$$FS = \frac{S_y \cdot F}{3625,7} \Rightarrow FS = \frac{24.000 \cdot F}{3625,7} \Rightarrow F = \boxed{0,065 \text{ po}}$$

HIVER 2000

Q.4

a) $\frac{w_2}{w_8} = \frac{w_2}{w_3} \cdot \frac{w_4}{w_5} \cdot \frac{w_5}{w_6} \cdot \frac{w_7}{w_8}$

$$= \left(-\frac{N_3}{N_2} \right) \cdot \left(-\frac{N_4}{N_5} \right) \cdot \left(-\frac{N_6}{N_5} \right) \cdot \left(\frac{N_7}{N_8} \right)$$

$$0.92 \text{ (92,2\%)}$$

$$\frac{w_2}{w_8} = \frac{44}{18} \cdot \frac{33}{15} \cdot \frac{36}{35} \cdot \frac{45}{16} = (17,6) \cdot (0,98)^4 = 16,23$$

- b)
- rupture en fatigue
 - zone de la machine se déformant
 - corrosion due à un manque de ...

- niveau d'huile
- qualité de l'huile / fréquence
- dissipateur de la chaleur

Q.5

- a) (p. 176) - $\sigma_{T/c}$ - analyse des σ (ds l'avis)
 - $\sigma_{Torsion}$
 - $\sigma_{flexion}$
 - 2 filets de l'avis
 - 2 filets de l'échou - change
 - usure

b) $T = 0,20 \cdot F \cdot d$

$m(16 \times 2) = 16 \times 2 \times d_{nom} = 0,63 \text{ po}$

$\Rightarrow T = 0,126 F_i \quad (A_{2,1}) \rightarrow 0,0032 F_i$

$Z = \frac{16 T}{\pi d_r^3} = \frac{16 \times 0,0032 F_i}{\pi (13,83 \times 10^{-3})^3} = 6161 F_i$

$FS = \frac{S_u}{\sigma_1} = \frac{1040 \text{ MPa}}{\sigma_1}$

$\sigma_x = \frac{F_i}{A_t} = \frac{F_i}{152 \text{ mm}^2}$

$\sigma_y = \sigma$

$Z_{xy} = \frac{16 T_b}{\pi d_r^3} = \frac{16 (0,5 \times T)}{\pi d_r^3}$

Q.6 vis (acier) : $\Delta \mu$ moindre $\Rightarrow T \phi$

a) écrou (bronze)

b) pour éviter l'usure (à la dureté) des filets

Q.7 (P.2.39) SAE 50 ou SAE 40

Q.10 (4.10)

a) $\sim 170\% * T_{decollage}$ B

$\sim 210\% * T_{deuil}$ C

b) 4.18

méthode de démontage

Q.9 P. 6.94 $\rightarrow A - B$

6.13 A - 5 - 7

500 - 200

B - 5 - 5

1000 - 1000

Q.8

a) 2. f_{re} à la gravité, f_{re} à la gravité, f_{re} à la gravité

$$b) H_{10} = \frac{H_R}{6.84 / (L^{1/10})^{1/10}} = \frac{27000 \text{ kg}}{6.54 / (L^{1/10})^{1/10}} = 27000 \text{ kg}$$

Re