

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-MC-A4
CONCEPTION ET FABRICATION D'ÉLÉMENTS DE MACHINES

Problème 1 : Calcul des pièces en statique (20 points)

La pièce montrée à la figure 1 est fabriquée en acier 1045 laminé à chaud ($S_y = 310$ MPa, $S_{ut} = 570$ MPa). Considérez que la pièce est solidement boulonnée au mur à l'aide de 4 boulons (non montrés). La pièce est soumise à une force statique F de 20 kN, à un angle de 45° de l'horizontale. Les deux plaques d'acier qui forment cette attache ont la même épaisseur. Négligez l'effort tranchant. Les déformations permanentes ne sont pas permises sur cette pièce.

- (14 points) Calculez les contraintes principales à la section A-A;
- (5 points) Calculez le facteur de sécurité selon le critère de Von Mises;
- (1 point) Sans faire de calculs, quel serait le facteur de sécurité selon le critère de Tresca? Justifiez votre réponse par une courte explication.

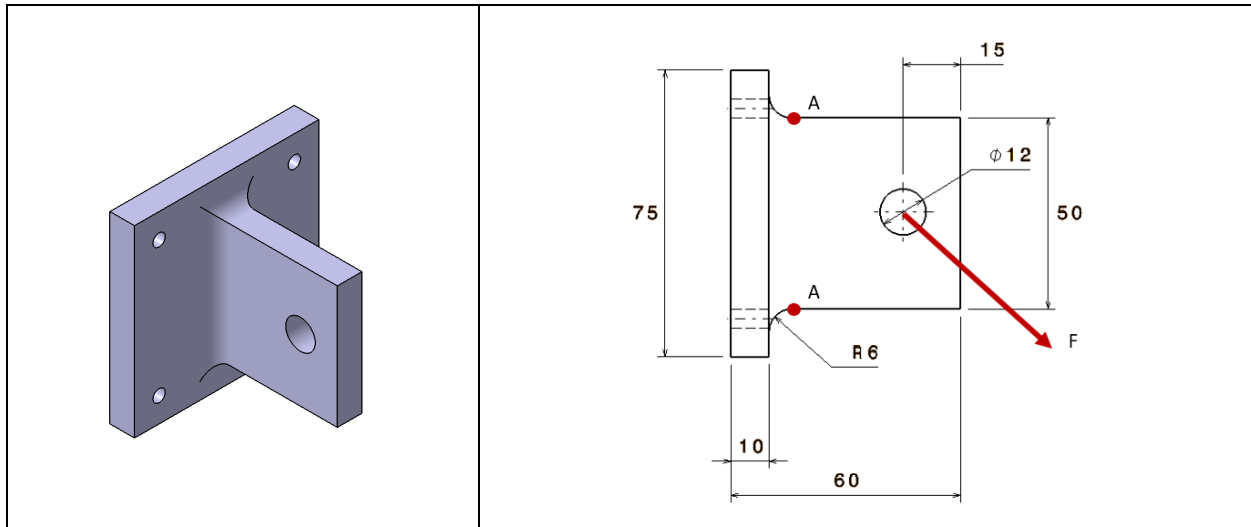


Figure 1 : Pièce mécanique sous chargement statique (dimensions en mm). À gauche : vue isométrique; à droite : dessin technique.

Problème 2 : Calcul des pièces en fatigue (25 points)

La figure 2 montre une pompe qui est entraînée par le biais d'un engrenage hélicoïdal. L'arbre d'entraînement a un diamètre de 25 mm (d) et l'épaule à l'entrée de la pompe induit les concentrations de contrainte en fatigue suivantes : $K_{f,axial} = 1.8$, $K_{f,flexion} = 2.0$ et $K_{f,torsion} = 1.5$. La transmission de la puissance par l'engrenage génère des forces dans l'arbre suivant 3 axes : une force axiale de 500 N (en Z), une force radiale verticale de 750 N (en Y) et une force radiale horizontale de 2000 N (en X). Chacune de ces forces induit un moment de flexion à l'épaule de l'arbre, et un moment de torsion existe également. On peut négliger la contrainte de traction dans l'arbre induite par la force de 500 N. Les forces sont statiques, mais l'arbre est rotatif. L'arbre est fait d'acier AISI 1050 trempé et revenu, dont les propriétés mécaniques sont : $S_{ut} = 1000$ MPa et $S_y = 800$ MPa. La surface de l'arbre est usinée. Négligez l'effort tranchant dans les calculs.

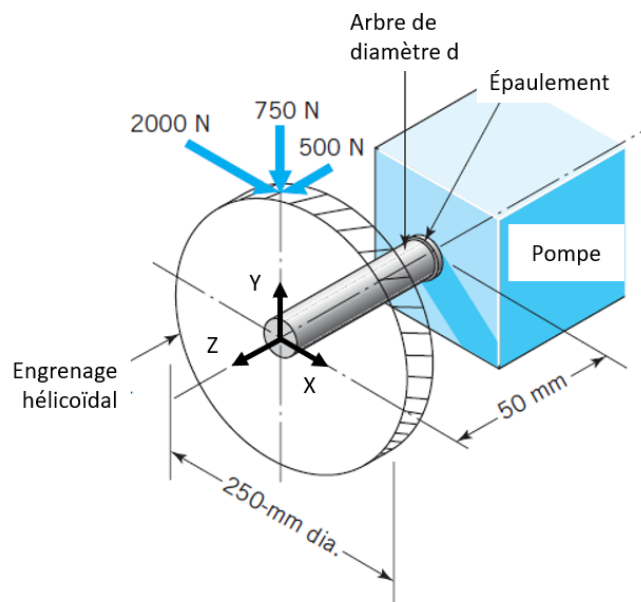


Figure 2 : Schéma d'une pompe entraînée par un engrenage hélicoïdal (pas à l'échelle)

- (3 points) Calculez les moments de flexion induits par les forces, en mentionnant clairement l'axe autour duquel ce moment est créé;
- (1 point) Calculez le moment de torsion dans l'arbre;
- (21 points) Supposons que le moment de flexion résultant (donc au total) est de $130 \text{ N}\cdot\text{m}$ et que le moment de torsion est de $240 \text{ N}\cdot\text{m}$. Calculez le facteur de sécurité de cet arbre pour une vie infinie, dans 95 % des cas. Utilisez le critère de Goodman et vérifiez également le critère de l'écoulement.

Problème 3 : Calcul des ressorts (20 points)

Un groupe de 6 ressorts hélicoïdaux de compression est utilisé pour actionner un embrayage à disque d'automobile. Lorsque l'embrayage est engagé, le groupe de 6 ressorts applique une force totale de compression de 4.5 kN sur les surfaces de friction. Lorsque le conducteur désengage l'embrayage, les ressorts sont comprimés de 2.5 mm supplémentaires, ce qui augmente la force sur chacun des ressorts de 110 N. Les ressorts sont fabriqués à partir d'un fil d'acier au Chrome-Vanadium de diamètre 5 mm. La constante dimensionnelle des ressorts (C) doit être d'environ 6. Les bouts sont équarris et meulés.

- a) (4 points) Quel sera le diamètre moyen d'enroulement de ce ressort afin de respecter les spécifications données?
- b) (6 points) Calculez le nombre de spires actives de ces ressorts. Arrondissez à l'entier le plus près;
- c) (10 points) Calculez le facteur de sécurité des ressorts en statique pour le chargement le plus élevé selon les spécifications énoncées plus haut.

Problème 4 : Calcul des embrayages (20 points)

La figure 3 montre un schéma de l'entraînement d'une machine à partir d'un moteur diesel. L'entraînement de la machine, dont l'inertie de rotation (J) est de $14 \text{ Nm}\cdot\text{s}^2$, se fait par le biais d'un embrayage à disques multiples. Durant la phase d'accélération, le moteur diesel tourne à une vitesse constante de 2200 rpm et délivre un couple de 156 Nm. L'arbre du moteur entre dans un réducteur de vitesse ayant un ratio de 4 : 1. Les disques de l'embrayage ont des rayons interne et externe de 80 et 120 mm, respectivement. La pression maximale admissible sur les surfaces est de 350 kPa et le coefficient de frottement est d'environ 0.35.

- (4 points) Calculez la vitesse de rotation ET le couple transmis à l'arbre de sortie du réducteur de vitesse, durant la phase d'accélération;
- (6 points) Calculez le temps nécessaire, en secondes, pour accélérer la machine à la vitesse calculée en a), à partir d'une vitesse nulle;
- (10 points) Combien de surfaces de frottement seront nécessaires pour effectuer la tâche d'accélération, en considérant un facteur de sécurité de 1.4 sur la possibilité de glissement? Utilisez l'hypothèse du régime permanent pour vos calculs.

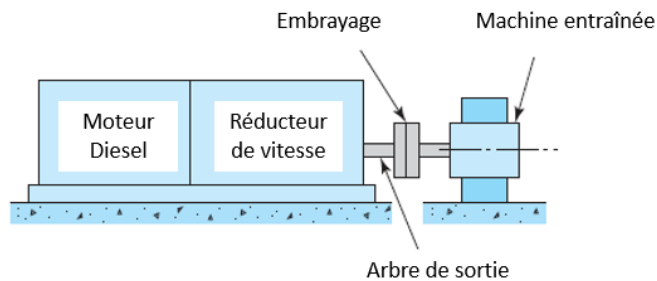


Figure 3 : Schéma de l'entraînement d'une machine à partir d'un moteur diesel (pas à l'échelle)

Problème 5 : Calcul des joints boulonnés (15 points)

Le palier montré à la figure 4 est maintenu en place par 2 vis M20 x 2.5 de grade 8.8. Les vis sont installées avec une précharge de 90% de la limite éprouvée (S_p). La rigidité des membrures (k_m) est estimée à 3 fois celle des vis (k_b). En service, la charge externe qui est appliquée au palier varie entre 0 et P .

- a) (4 points) Quel couple doit être installé sur les vis afin de créer la force de serrage?
- b) (7 points) Calculez la force externe P qui causerait la rupture en fatigue des vis;
- c) (4 points) Si la force externe P atteint la valeur de votre réponse à la question b), est-ce que le joint sera toujours en compression? Justifiez votre réponse par un calcul.

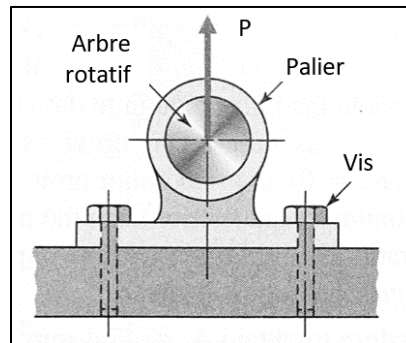


Figure 4 : Palier retenu par deux vis