

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC
SESSION DE NOVEMBRE 2025

Note au sujet de la propriété intellectuelle des modèles d'examen de l'Ordre des ingénieurs du Québec

Les modèles d'examen se trouvant sur le site internet de l'Ordre des ingénieurs du Québec sont la propriété exclusive de l'Ordre et leur utilisation est strictement limitée à des fins académiques et personnelles. Toute reproduction, distribution ou utilisation commerciale non autorisée de ces modèles constitue une violation de la propriété intellectuelle et est strictement interdite. L'Ordre se réserve le droit de prendre toutes les mesures légales appropriées contre toute utilisation non autorisée de ses modèles d'examen.

Toute documentation permise

Calculatrices : modèles autorisés seulement

Durée de l'examen : 3 heures

22-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 faite d'une plaque d'acier 1045 roulé à chaud d'épaisseur 13 mm. Considérez que la pièce est solidement fixée à un bâti de machine (au bas de l'image). La pièce est soumise à une force statique F de 15 kN. Calculez le facteur de sécurité de cette pièce en statique, à l'endroit du congé près de l'encastrement. Utilisez le critère de conception le plus précis pour un matériau ductile. Négligez l'effort tranchant dans ce problème. Les déformations permanentes ne sont pas permises sur cette pièce.

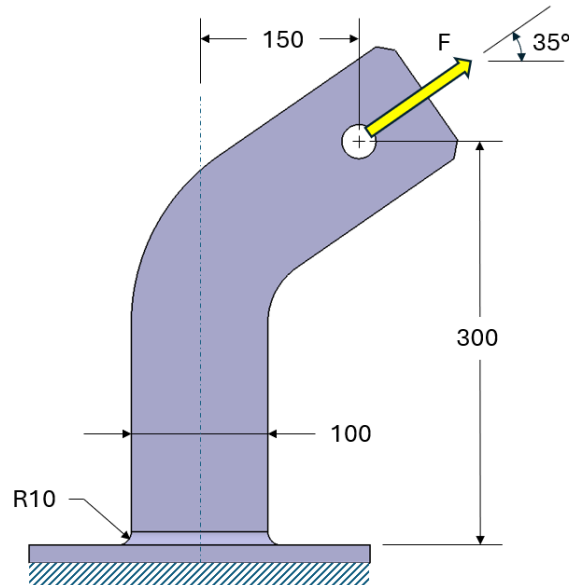


Figure 1 : Pièce mécanique sous chargement statique (dimensions en mm, pas à l'échelle).

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

La **Figure 2** montre une barre de torsion soumise à un chargement F variant entre 0 et 2,5 kN. La barre est en acier 4130 trempé et revenu, de façon à obtenir les propriétés suivantes : $S_{ut} = 1500$ MPa et $S_y = 1380$ MPa. Le diamètre de la barre est de 25 mm et les longueurs L_1 et L_2 sont respectivement de 200 mm et 75 mm. À l'encastrement, un congé de rayon 8 mm engendre des concentrations de contrainte en statique (K_t) d'environ 1,6, tant pour la flexion que pour la torsion. Calculez le facteur de sécurité de la barre de torsion selon le critère de Goodman, pour une vie infinie dans 95% des cas. Vérifiez également la possibilité d'écoulement. Négligez l'effort tranchant.

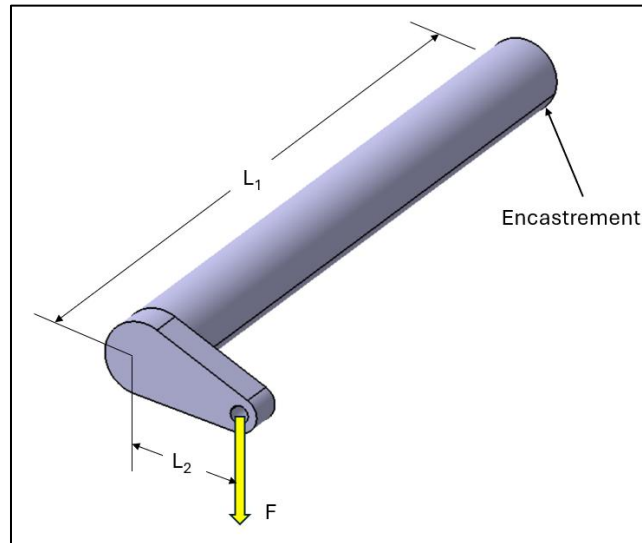


Figure 2 : Barre de torsion sous chargement variable (pas à l'échelle)

Problème 3 : Calcul des joints boulonnés (20 points)

Deux plaques d'aluminium sont attachées ensemble à l'aide d'un boulon M12x1.25 de classe 10.9. Les dimensions du joint font en sorte que la rigidité des membrures (k_m) est 5 fois plus élevée que celle des boulons (k_b). Le manuel d'installation spécifie que le joint doit être préserré à 90% de la résistance éprouvée du boulon (S_p). En service, ces pièces structurales subissent une force variant entre 0 et P , qui tend à les séparer.

- (14 points) Quelle force maximale P permettrait d'avoir un facteur de sécurité en fatigue de 1,3 sur la rupture du boulon?
- (6 points) En considérant la force P calculée en a), quel serait alors le facteur de sécurité sur la séparation du joint (ou sur l'étanchéité)?

Problème 4 : Calcul des ressorts (20 points)

Un ressort hélicoïdal de compression est soumis à une force variant entre 250 et 500 N. Lors de ce travail, la variation de longueur du ressort est de 20 mm. Le ressort est fabriqué d'un acier trempé à l'huile, grenaillé, et ses extrémités sont équadées et meulées. Pour des raisons d'encombrement, le diamètre moyen d'enroulement du ressort est fixé à 50 mm. Un fil de 5 mm de diamètre est choisi.

Rappelons que la masse volumique et le module en cisaillement des aciers sont d'environ 7800 kg/m³ et 80 GPa, respectivement.

- a) (10 points) Calculez le facteur de sécurité en fatigue de ce ressort;
- b) (5 points) Vérifiez le facteur de sécurité contre l'écoulement à la charge maximale;
- c) (5 points) Quel serait le nombre de spires actives de ce ressort?

Problème 5 : Calcul des embrayages (15 points)

Un embrayage à disques est utilisé dans une application industrielle pour entraîner une machine. En service, l'embrayage doit transmettre 18 kW à une vitesse de rotation de 350 rpm. Pour des raisons d'encombrement, les diamètres intérieur et extérieur des disques ont été fixés à 140 mm et 190 mm, respectivement. Les garnitures d'embrayage peuvent supporter une pression de 800 kPa et le coefficient de friction est estimé à 0,35. Considérez l'hypothèse du régime permanent (usure uniforme) pour les calculs. Pour un facteur de sécurité de 1,4 contre le glissement des disques :

- a) (9 points) Calculez le nombre minimal de surfaces nécessaires ;
- b) (6 points) Considérant le nombre de surfaces calculé en a), calculez la force axiale minimale nécessaire permettant de générer le couple d'embrayage.