ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2023

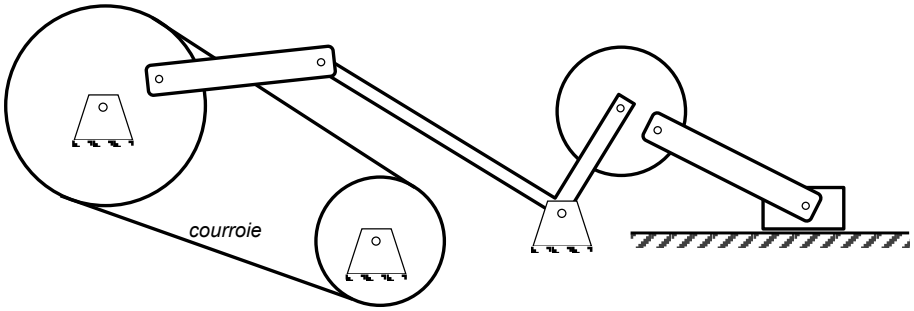
Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-MC-A2 Cinématique et dynamique des machines.

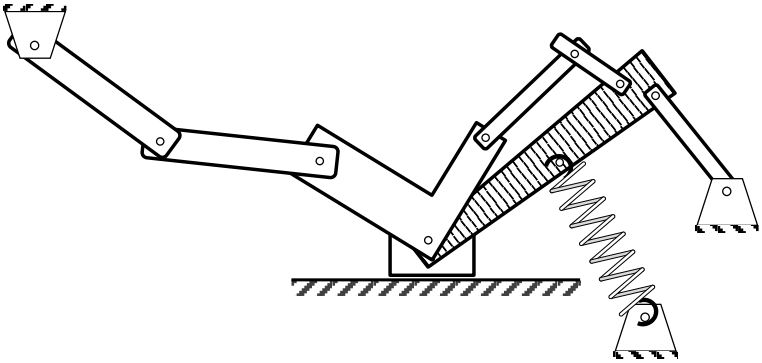
Question 1) (25 points)

La figure suivante montre deux systèmes. Déterminez s'il s'agit de mécanismes, et si oui, calculez leur nombre de degrés de liberté. Pour que votre réponse soit acceptée, vous devez obligatoirement expliquer comment vos calculs considèrent chacune des membrures.

Commentez et décrivez vos étapes (en mots).



(a) (12,5 points)



(b) (12,5 points)

Figure 1 : Systèmes question 1

Question 2) (25 points)

La figure ci-dessous montre une section d'un roulement à rouleaux. Dans ce roulement la bague intérieure (1) est immobile, alors que la bague extérieure (3) a une vitesse de rotation constante ω_3. Sachant qu'il n'y a aucun glissement aux points A et B**,**

a) Écrivez l'équation de la vitesse de rotation ω_2 des rouleaux (2); (5 points)

b) Écrivez l'équation de la vitesse de déplacement tangentiel $\vec{V}_C$ du centre C des rouleaux (2); (5 points)

c) Écrivez l'équation de l'accélération $\vec{A}_C$ du centre C des rouleaux; (7 points)

d) Écrivez l'équation de l'accélération du point A si on le considère comme attaché au rouleau. (8 points)

Commentez et décrivez vos étapes (en mots).

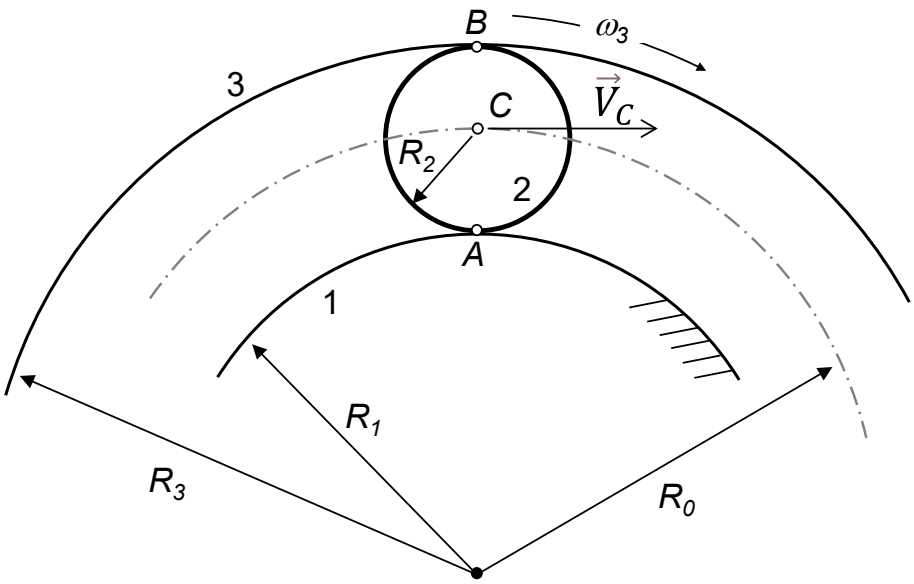


Figure 2 : Roulement

Question 3) (25 points)

Une presse servant à mouler des métaux doit être conçue avec un volant d'inertie pour maintenir un rythme de 30 cycles de pressage à la minute. La figure ci-dessous montre la puissance requise pour chaque cycle de pressage. La durée d'un pressage est de $\frac{1}{3}$ de seconde, et la puissance maximale est de 9 840 W. Le moteur électrique qui sera utilisé tournera à une vitesse de 900 Tpm. Il devra être muni d'un réducteur à engrenages de type train composé à deux étages d'engrènement. Pour le premier étage d'engrènement, un pignon monté directement sur l'arbre du moteur entraînera la roue de l'engrenage. On montera aussi le volant d'inertie sur ce pignon. Le ratio de réduction du premier étage sera $mv_1 = \frac{1}{6}$. Pour compléter la conception du système, répondez aux questions suivantes ci-dessous.

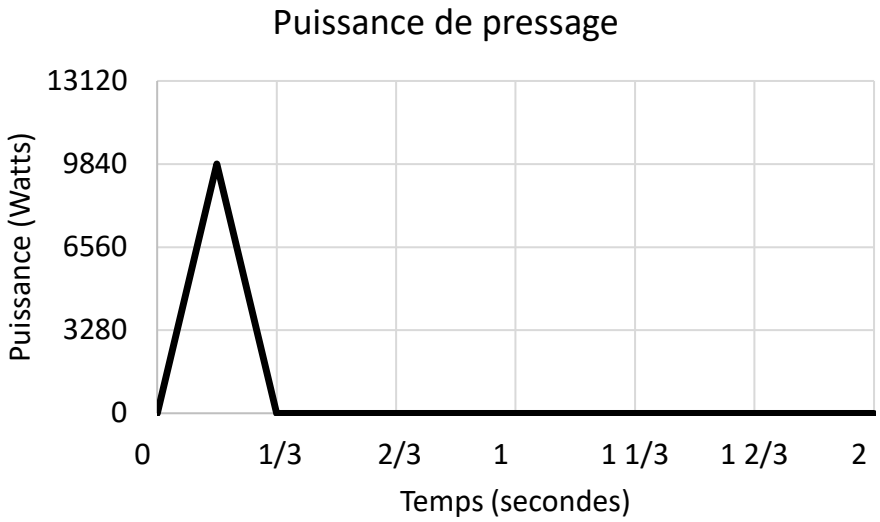


Figure 3 : Puissance par cycle de pressage

a) Calculez le ratio de réduction de l'engrenage requis pour le 2e étage d'engrènement (mv_2); (1 point)

b) Calculez le couple maximal du moteur (T_{m-max}) qui serait requis si le réducteur ne comportait pas de volant d'inertie, et tracez dans votre cahier le graphique montrant le couple requis au moteur (avec le réducteur, mais sans volant d'inertie) en fonction du temps (T_m); (3 points)

c) Calculez le couple maximal requis par la presse (T_{p-max}), et tracez dans votre cahier le graphique montrant le couple requis par la presse en fonction du temps (T_p); (3 points)

d) Calculez le couple moyen fourni par le moteur (T_{m-moy}) et montrez cette valeur sur le graphique du point b); (2 points)

e) Calculez le couple moyen requis par la presse (T_{p-moy}) et montrez cette valeur sur le graphique du point c); (2 points)

f) Calculez la puissance du moteur nécessaire; (2 points)

g) Indiquez sur les graphiques des points b) et c) les positions correspondant aux vitesses angulaires maximale (ω_{max}) et minimale (ω_{min}). Calculez les positions exactes en secondes de même que les angles correspondants. (3 points)

h) Calculez la variation d'énergie dans le système entre les positions de ω_{max} etω_{min}; (5 points)

i) Calculez la masse (m) du volant requis s'il s'agit d'un disque plein de 0,9 m de diamètre ($I_V = \frac{1}{2}mr^2$) et si l'on accepte un coefficient de fluctuation de vitesse de 0,1. Considérez que l'inertie du système sans volant est négligeable; (3 points)

j) Des ingénieurs ont suggéré de déplacer le volant d'inertie du pignon du premier étage d'engrènement du réducteur vers la roue de ce même étage. Selon vous s'agit-il d'une modification bénéfique ? Expliquez votre réflexion en détail. (1 point)

Commentez et décrivez vos étapes (en mots).

Question 4) (25 points)

Le dispositif présenté à la figure ci-dessous montre une came avec poussoir à galet entraînée par un moteur électrique à 300 tpm. Les profils de montée et de descente sont identiques et suivent une courbe cycloïdale pour laquelle la course S est donnée à la figure 4. Dans cette équation θ est la position angulaire de la came relative au profil, β est l'angle de montée ou de descente. Si la montée maximale $h = 0{,}1$ m, que $\beta_{montée} = \beta_{descente} = 180$ degrés, que le rayon de base de la came est $R_b = 0{,}1$ m, que le rayon du galet $R_g = 0{,}01$ m, que le contact entre le galet et la came est maintenu par un ressort de rigidité $K = 10$ N/m dont la compression initiale (h_0) en position basse du poussoir est de 0,01 m, que la masse déplacée M est de 1 kg, que le frottement est partout négligeable, répondez aux questions ci-dessous :

a) Écrivez sous forme de variables l'équation du couple fourni par le moteur ($T_{m\text{-}montée}$) durant la montée; (6 points)

b) Écrivez sous forme de variables l'équation du couple fourni par le moteur ($T_{m\text{-}descente}$) durant la descente; (6 points)

c) Proposez trois positions auxquelles le couple $T_{m\text{-}montée}$ pourrait être maximum. Expliquez clairement les raisons qui justifient votre choix. Enfin, choisissez une de ces positions et évaluez le couple; (10 points)

d) Proposez trois positions auxquelles le couple $T_{m\text{-}descente}$ pourrait être maximum. Expliquez clairement les raisons qui justifient votre choix. (3 points)

Commentez et décrivez vos étapes (en mots).

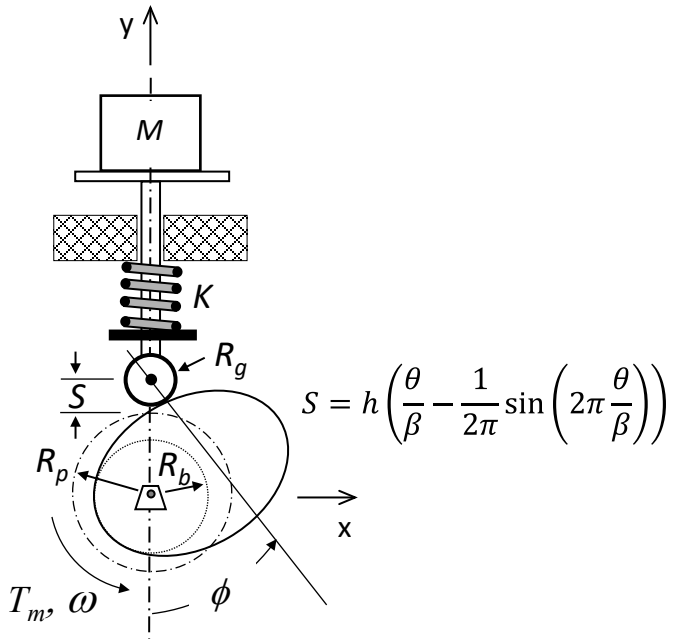


Figure 4 : Came