

Nom prénom :

Examen de Génie Mécanique - I3MAPH31

Durée : 1h

Mars 2022

Lors de la correction, une attention particulière sera portée à la critique et aux remarques émises par l'étudiant sur l'homogénéité et la vraisemblance de ses résultats.

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée à usage personnel

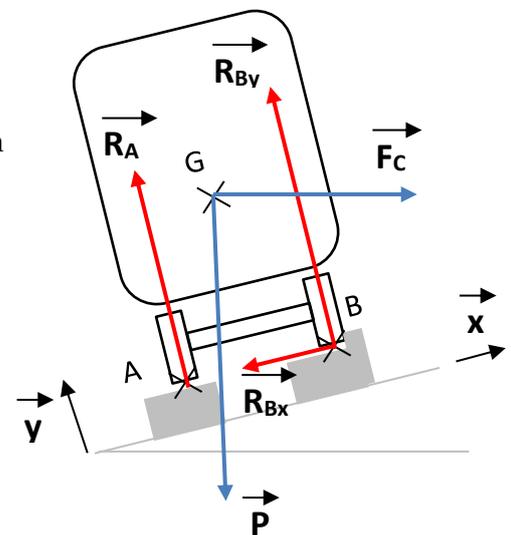
EXERCICE 1 :

On souhaite calculer la vitesse maximale à laquelle un train de masse

$M = 3$ tonnes peut rouler dans un virage relevé d'angle $\alpha = 12^\circ$ et de rayon de courbure $R = 100$ m

On donne $AB = 2$ m et la hauteur (verticale) du centre de gravité G au contact roue/rail = $h = 1.2$ m

Lors du virage, le train subit une force centrifuge, radiale, vers l'extérieur du virage, d'intensité $F_C = M \cdot V^2 / R$



Q1: (2 points)

Pour chaque action mécanique extérieure du système ci-contre, justifier sa direction et son sens.

\vec{F}_C : Force centrifuge, dans le plan perpendiculaire à l'axe de rotation du solide, radial et vers l'extérieur

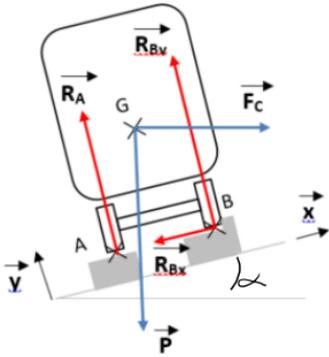
\vec{P} : Poids du train, vertical vers le bas (gravité)

\vec{R}_A : Réaction en A, normal à la surface de contact

\vec{R}_{Bx} et \vec{y} : Réaction en B, du type articulation, deux composantes suivant les deux axes

Q2: (5 points)

Exprimer à l'aide du Principe Fondamental de la Statique la Force de réaction au point A, R_A .



$$\text{BASE: } \vec{F}_c, \vec{R}_A, \vec{R}_B, \vec{P}$$

PFS:

$$\text{proj } / x : F_c \cos \alpha - R_{Bx} - P \sin \alpha = 0$$

$$\text{proj } / y : -F_c \sin \alpha + R_{Bv} + R_A - P \cos \alpha = 0$$

$$\sum \vec{M}_{\vec{F}_i, B} : \vec{BA} \wedge \vec{R}_A + \vec{BG} \wedge \vec{P} + \vec{BG} \wedge \vec{F}_c = 0$$

$$\begin{pmatrix} -AB \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ R_A \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\frac{AB}{2} \\ h \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} -P \sin \alpha \\ -P \cos \alpha \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\frac{AB}{2} \\ h \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} F_c \cos \alpha \\ -F_c \sin \alpha \end{pmatrix} = 0$$
$$-AB \cdot R_A + \frac{AB}{2} (P \cos \alpha + F_c \sin \alpha) + h (P \sin \alpha + F_c \cos \alpha) = 0$$

$$R_A = \frac{1}{2} (P \cos \alpha + F_c \sin \alpha) + \frac{h}{AB} (P \sin \alpha + F_c \cos \alpha)$$

Q3: (3 points)

Quelle condition permet d'exprimer le basculement du train ? $R_A = 0$

Calculer alors la vitesse maximale du train en virage.

$$R_A = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} F_c \sin \alpha + \frac{h}{AB} F_c \cos \alpha = \left(\frac{P}{2} \cos \alpha + \frac{hP}{AB} \sin \alpha \right)$$

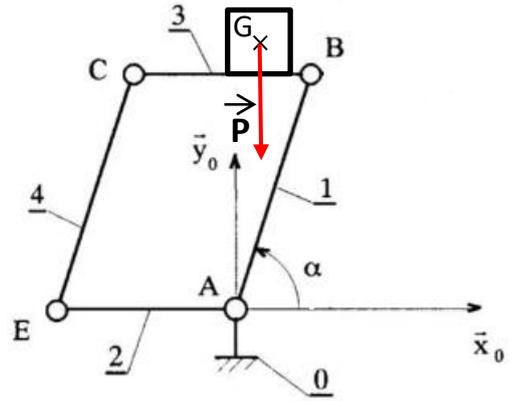
$$F_c = \frac{\left(\frac{P}{2} \cos \alpha + \frac{hP}{AB} \sin \alpha \right)}{\frac{1}{2} \sin \alpha + \frac{h}{AB} \cos \alpha} = -26149 \text{ N}$$

$$v = \sqrt{\frac{\|F_c\| \cdot R}{m}} = 23,5 \text{ m/s} = \underline{8,2 \text{ km/h}}$$

EXERCICE 2 :

Soit le parallélogramme déformable ci-contre composé de deux barres (2) et (3) de mêmes longueurs « l » et de deux autres barres (1) et (4) de longueurs « L ». La barre (2) est fixe et il y a une articulation de type pivot entre chaque barre.

On pilote angulairement la liaison pivot en A en faisant varier l'angle α à l'aide d'un moteur. Sur la barre (3) est posée une masse de centre de gravité G et de poids P.



Q4 : (4 points)

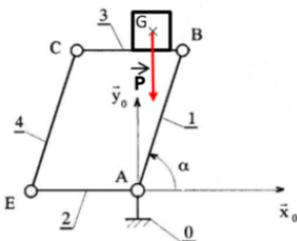
A l'aide du théorème des travaux virtuels, exprimer le couple C à exercer au point A autour de l'axe z pour soulever la charge P

Méthode :

Exprimer les petits déplacements du point B et de la rotation en A

Etablir une relation entre les variables

Appliquer le théorème des travaux virtuels



$$B \begin{pmatrix} L \cos \alpha \\ L \sin \alpha \end{pmatrix}$$

$$\delta B \begin{pmatrix} -L \sin \alpha \delta \alpha \\ L \cos \alpha \delta \alpha \end{pmatrix}$$

$$\vec{P} \begin{pmatrix} 0 \\ -P \end{pmatrix}$$

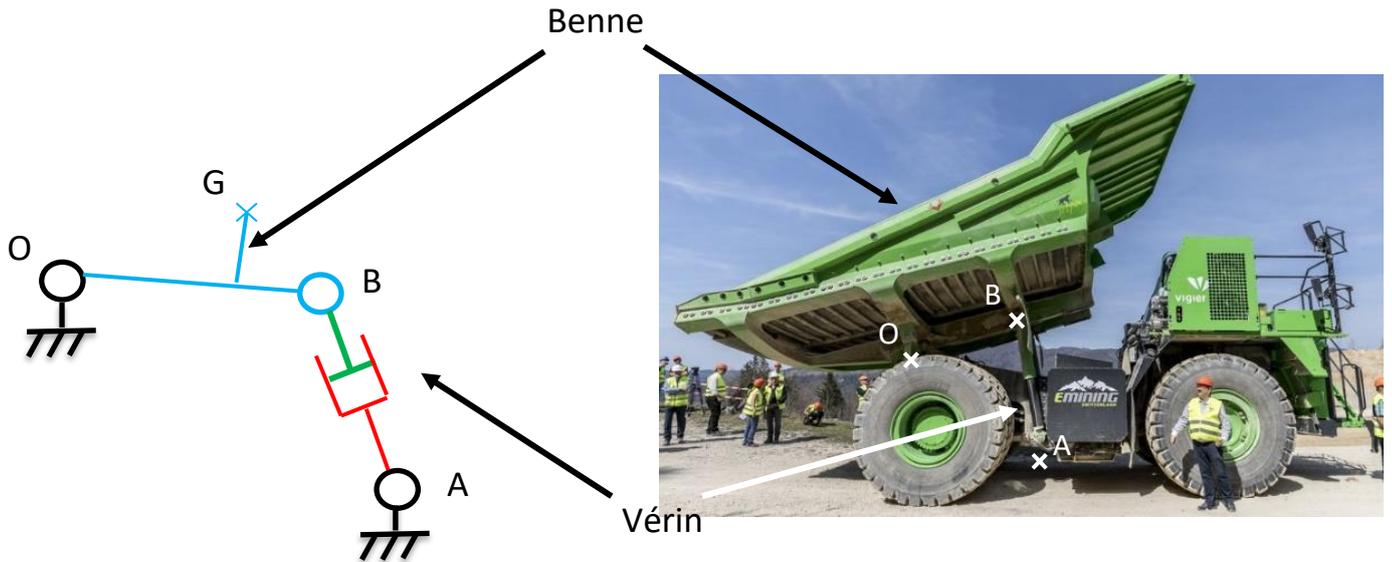
$$\vec{C} = C \vec{z}$$

Tx virtuels:

$$-P \cdot L \cos \alpha \delta \alpha + C \cdot \delta \alpha = 0$$

$$C = PL \cos \alpha$$

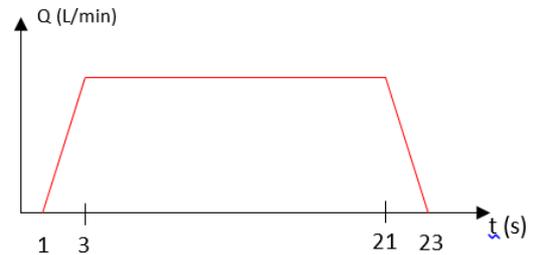
EXERCICE 3 :



Le système étudié est un vérin permettant de soulever une benne de camion. Le vérin est alimenté en huile à débit constant. (sous forme de trapèze pour prendre en compte la montée -2s- et descente -2s- en débit)

Ci-dessous et en page suivante vous trouverez :

- Le modèle OpenModelica du système de levage
- La courbe de l'effort au niveau du vérin pour suivre le profil de débit ci-contre



Q12 : A quel composant correspond la masse de la benne ? (2 points)

- A B C D E F

A quel composant correspond le vérin

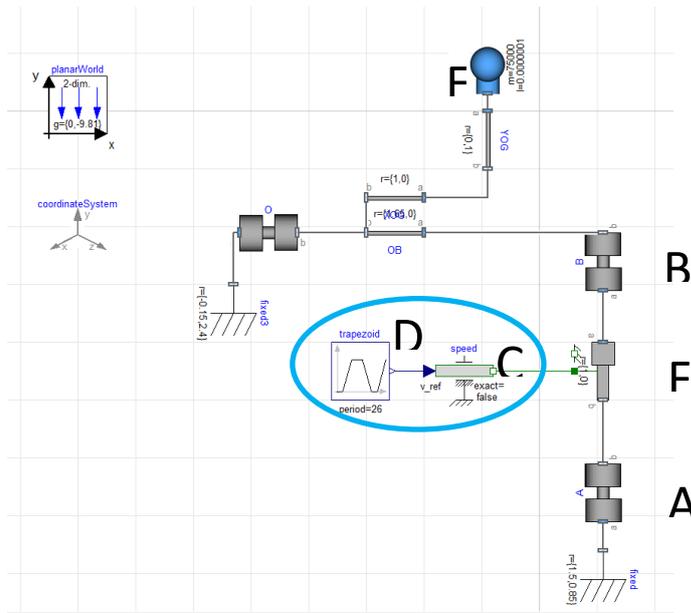
- A B C D E F

Q13 : Entourer les composants qui réalisent la commande en débit du vérin (1 point)

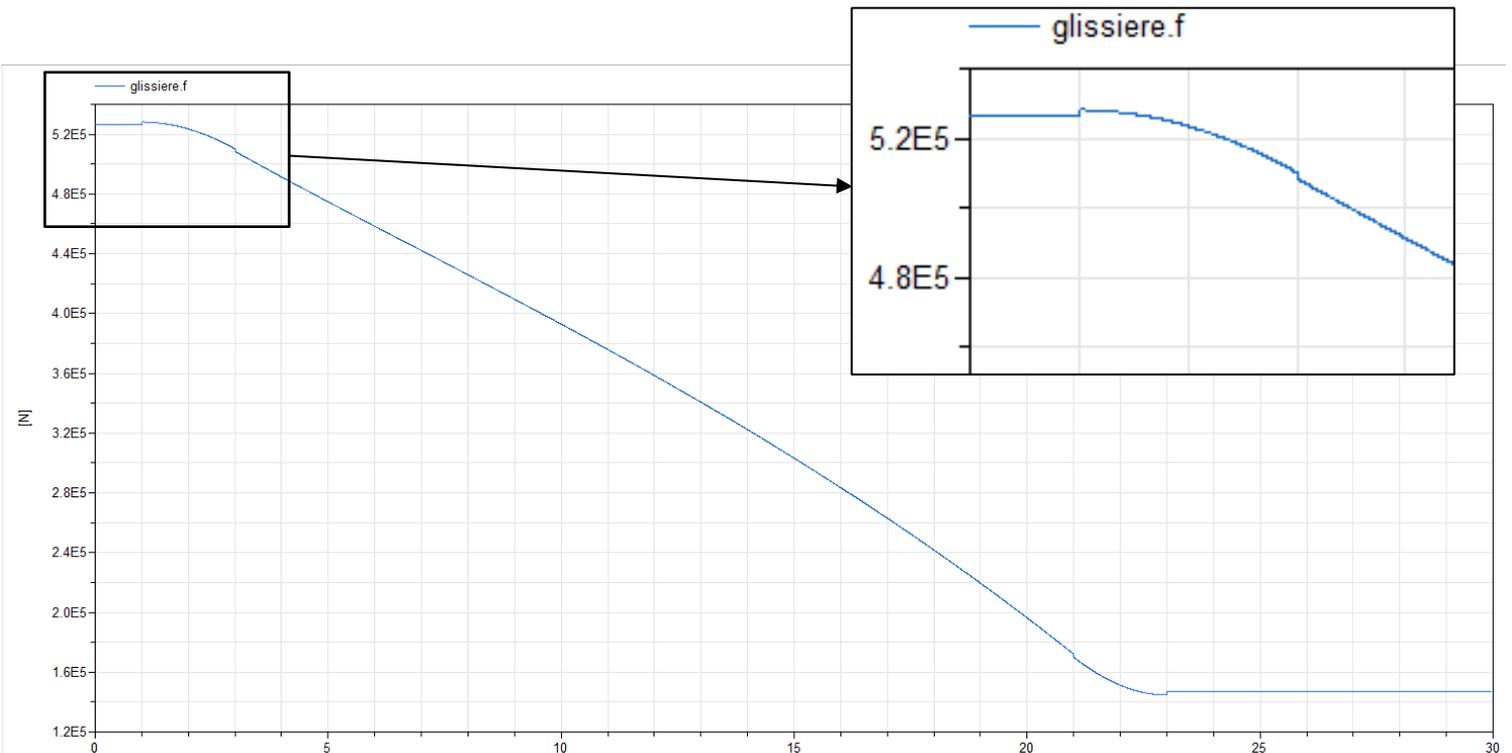
Q14 : A l'aide du graphique en page suivante, répondre aux questions suivantes : (3 points)

- Déterminer la force maximale que doit développer le vérin. *53 000 N*
- Expliquer l'évolution de la force au court du temps et justifier ce résultat (pas de calculs). *Elle diminue car le bras de levier du poids par rapport à l'axe de rotation O diminue donc le moment que doit créer le vérin diminue. Le bras des levier du vérin étant relativement stable, l'effort diminue.*
- On remarque des « sauts de force » (zoom en haut à droite). Expliquer à quoi est dû ce phénomène.

Aux accélérations et décélération lors de la mise en route et l'arrêt du vérin (calcul en dynamique aléatoire)



Modèle OpenModelica de l'ensemble {benne + Vérin}



Courbe de l'effort en sortie de vérin en fonction du temps (s)