

Statique avec frottements

Compétences

Résoudre :

- Actions mécaniques dans les liaisons

1. Véhicule 4x4

Le système étudié est un véhicule 4 x 4, qui permet de rouler sur les routes de toutes natures.

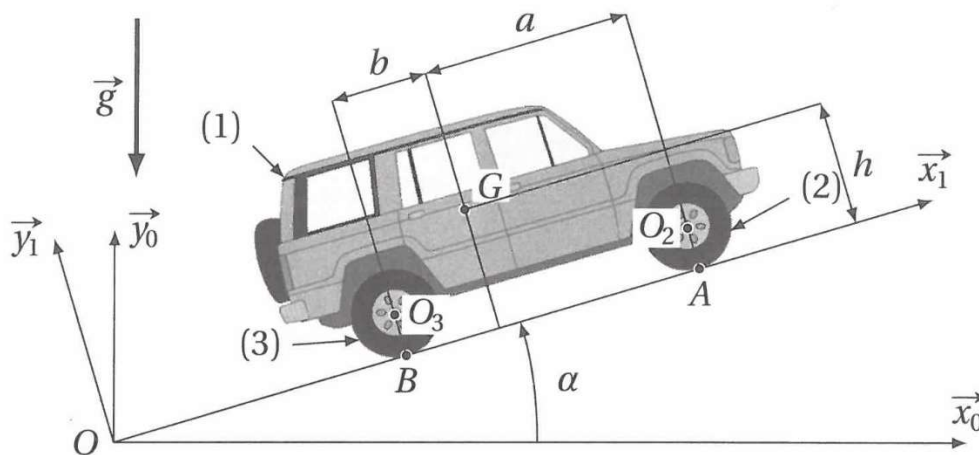
L'objectif est de vérifier le dimensionnement du frein de parking lorsque le véhicule est à l'arrêt sur un sol en pente.

Dans le cadre d'une modélisation plane, le véhicule est restreint à son châssis principal (1), une unique roue avant (2) et une unique roue arrière (3) de rayons R .

Les deux roues sont en liaison pivot d'axe (O_2, \vec{z}_0) et d'axe (O_3, \vec{z}_0) avec le châssis (1). Les masses des roues sont négligeables devant celle du châssis notée M .

Les liaisons entre les roues et le sol seront assimilés à des liaisons ponctuelle, seul le contact de la roue arrière est considéré avec frottements. Le coefficient de frottement roue/sol est noté f .

Le véhicule est supposé maintenu à l'équilibre sur une route de pente α par le dispositif de frein à main qui n'agit que sur les roues arrière. Cette action de freinage est modélisée par un couple du châssis sur les roues arrière $(\vec{C}_{1 \rightarrow 3} = C_f \vec{z}_0)$.



- Q.1.** Isoler le véhicule et déterminer les expressions littérales des autres inconnues des liaisons ponctuelles en fonction de la géométrie et de la masse du véhicule.
- Q.2.** Le coefficient de frottement entre les roues et le sol est noté f . Déterminer l'angle limite de glissement α_g au-delà duquel la voiture glisse par rapport au sol.
- Q.3.** Déterminer l'angle limite de basculement α_b au-delà duquel la voiture bascule en arrière.
- Q.4.** Calculer α_g et α_b pour $a = 1,3 \text{ m}$, $b = 1 \text{ m}$, $h = 0,9 \text{ m}$, $M = 1300 \text{ kg}$, $f = 0,8$. En déduire la pente maximale que pourrait gravir le véhicule en supposant qu'il possède deux roues motrices à l'arrière.

2. Frein de sécurité d'une grue portuaire



2.1. Analyser et modéliser le système

Les grues portuaires permettent de transporter des marchandises pour les débarquer des bateaux sur les quais ou pour charger les marchandises dans les bateaux. Ces systèmes sont toujours équipés d'un frein de sécurité qui permet de freiner la chute des objets à porter au cas où un dysfonctionnement apparaîtrait. L'objectif est de vérifier si le frein de sécurité, dont on donne un extrait de cahier des charges si dessous, permet de satisfaire le niveau du critère de l'exigence 1.1.4.

Exigence	Critère	Niveau
1.1.4	Masse maximale des objets à porter	6 tonnes

Le schéma cinématique du frein est fourni sur la figure située en fin d'énoncé. Le mécanisme est plan. L'objet à porter, repéré 8 sur le schéma est soumis à la gravité.

On néglige la masse de toutes les autres pièces. La pige 9 relie les pièces 2, 3 et 4 au point B , toutes en liaison pivot par rapport à la pige 9.

Toutes les liaisons sont parfaites sauf les contacts entre 5/7 et 6/7, respectivement aux points G et H , qui se font avec frottement (les cônes de frottement sont en traits pointillés). Le coefficient de frottement est identique en G et H et vaut $f = 0,52$.

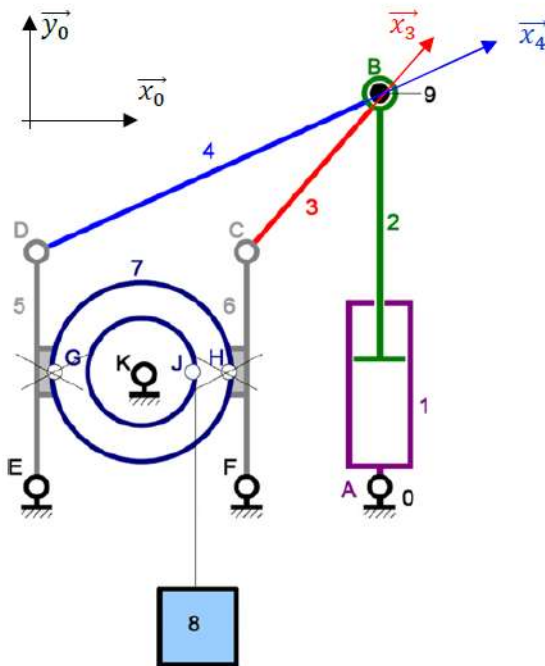
On se placera à la limite du glissement, ce qui correspond au cas extrême. Les traits en pointillés sur le schéma correspondent aux cônes de frottement.

Toutes les données géométriques, ainsi que les valeurs numériques sont données sur la figure ci-après.

- Q.1.** Déterminer si, pour serrer le frein, la haute pression dans le vérin doit se situer dans la cavité supérieure ou dans la cavité inférieure.
- Q.2.** La pression dans le vérin, est de 200 bar. La section utile du vérin est de 30 cm^2 . Déterminer l'effort que le vérin exerce sur 9 pour serrer le frein. Justifier la direction de cet effort.
- Q.3.** Etablir le graphe des liaisons et y ajouter les actions mécaniques extérieures.

2.2. Résoudre analytiquement le problème

- Q.4.** Déterminer et justifier la direction des efforts qu'exercent les pièces 3 et 4 sur la pièce 9 au point B.
- Q.5.** En isolant la pièce 9, déterminer littéralement les efforts $\vec{F}_{3 \rightarrow 9}$ et $\vec{F}_{4 \rightarrow 9}$, et en déduire les efforts $\vec{F}_{3 \rightarrow 6}$ et $\vec{F}_{4 \rightarrow 5}$. Faire l'application numérique.
- Q.6.** Exprimer les forces $\vec{F}_{3 \rightarrow 6}$ et $\vec{F}_{4 \rightarrow 5}$ dans le repère R_0 .
- Q.7.** D'après le modèle de Coulomb, déterminer la direction générale des efforts $\vec{F}_{7 \rightarrow 5}$ en G et $\vec{F}_{7 \rightarrow 6}$ en H.
- Q.8.** Isoler la pièce 5, appliquer le PFS et déterminer la composante tangentielle de $\vec{F}_{7 \rightarrow 5}$ et faire de même avec la pièce 6 appliquer le PFS et déterminer la composante tangentielle de $\vec{F}_{7 \rightarrow 6}$.
- Q.9.** Déterminer le couple de freinage qu'exercent 5 et 6 sur 7.
- Q.10.** Calculer le poids maximal de l'objet que le frein de sécurité peut freiner et conclure quant au critère de l'exigence 1.1.4.



Données :

$$\alpha = (\vec{x}_0; \vec{x}_3) ; \beta = (\vec{x}_0; \vec{x}_4)$$

$$\vec{CB} = l \vec{x}_3$$

$$\vec{DB} = d \vec{x}_4$$

$$\vec{ED} = \vec{FC} = h \vec{y}_0$$

$$\vec{EG} = \frac{h}{2} \vec{y}_0 + e \vec{x}_0$$

$$\vec{FH} = \frac{h}{2} \vec{y}_0 - e \vec{x}_0$$

$$\vec{KH} = -\vec{KG} = R \vec{x}_0$$

$$\vec{KJ} = r \vec{x}_0$$

$$\alpha = 50^\circ ; \beta = 25^\circ$$

$$l = 75 \text{ cm} ; d = 41 \text{ cm} ;$$

$$h = 46 \text{ cm} ; e = 4 \text{ cm} ;$$

$$R = 16 \text{ cm} ; r = 10 \text{ cm}$$