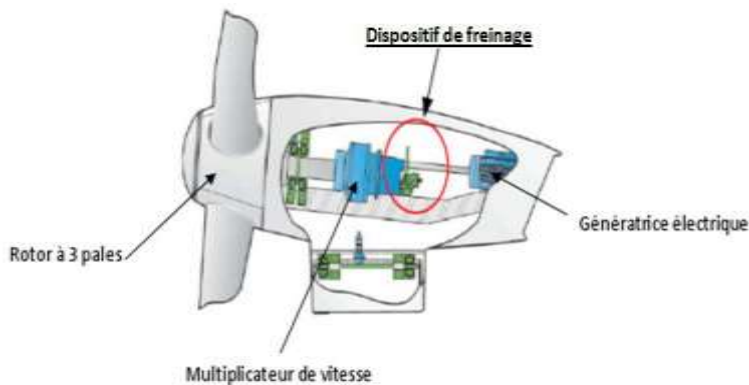


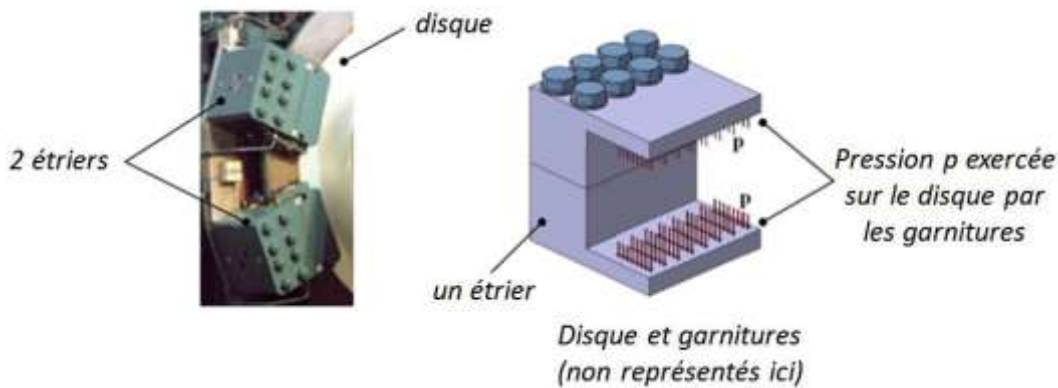
LOIS EN EFFORT AVEC FROTTEMENT DANS LES CONTACTS PONCTUELS

Exercice 1 : FREIN D'URGENCE D'UNE ÉOLIENNE

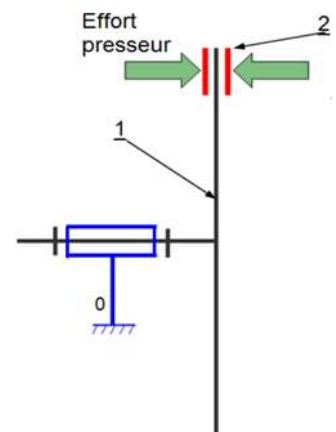
On s'intéresse dispositif de freinage d'urgence installé pour des raisons de sécurité sur certaines éoliennes de grandes puissances. Ce dispositif peut notamment être activé si un corps étranger percute une pale au point de l'endommager et de créer un « balourd » entraînant des efforts indésirables dans les roulements qui guident en rotation le rotor.



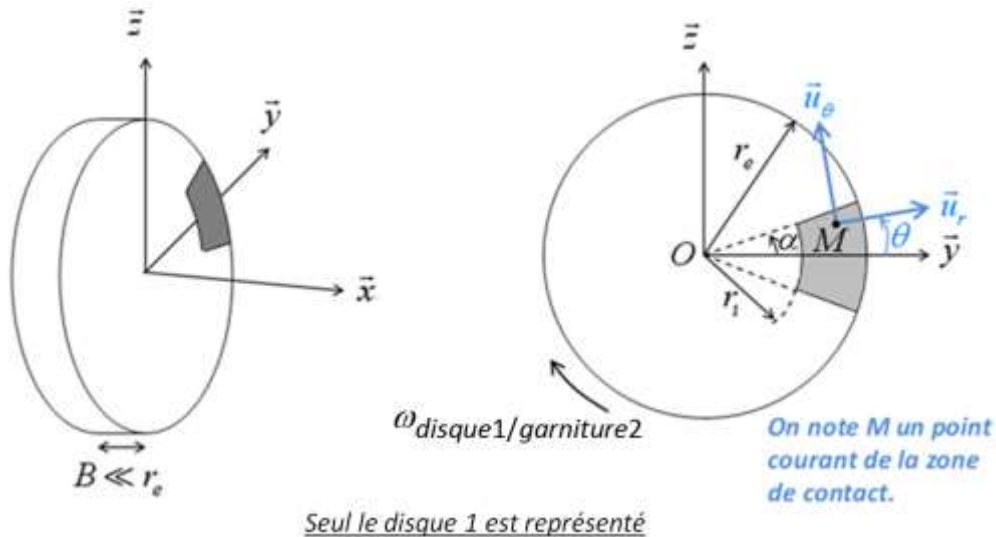
Le dispositif de freinage retenu est un frein à disque composé d'un disque 1, et de deux étriers, contenant chacun deux garnitures 2.



Le freinage est réalisé par pression des garnitures 2 d'usure assurant le serrage de part et d'autre du disque 1 d'épaisseur B. (voir vidéo sur site internet)



Chaque étrier supporte deux garnitures 2 (une de chaque côté du disque 1) pour lesquelles la surface de contact est représentée en gris sur la figure ci-dessous du disque 1.



L'action de freinage se fait par une **pression p uniforme** de part et d'autre des étriers sur une surface en forme de portion de couronne de rayons intérieur r_i et extérieur r_e et d'angle 2α petit.

On note **f le coefficient de frottement** entre les garnitures et le disque.

Objectif : Déterminer la relation entre la décélération du rotor et l'effort presseur.

On suppose la surface de contact suffisamment petite pour que l'action de contact soit considérée comme un **contact ponctuel avec frottement** passant par le centre de chaque surface (notés C et C').

Question 1 : Modéliser l'action des garnitures (2) (en $x+$) et (2') (en $x-$) en fonction de l'effort presseur F_p et du coefficient de frottement.

Question 2 : Appliquer le théorème du moment cinétique afin de déterminer une relation entre la décélération angulaire $\dot{\omega}_{2/1}$ et l'effort presseur F_p .

Exercice 2 : CONSOLE DE DÉCORATION

Une colonne (1) de décoration supporte plusieurs consoles (2).

Ces consoles peuvent être déplacées à volonté le long de la colonne.

Des objets dont la masse ne dépasse pas 20 kg, peuvent être placés sur celle-ci.

Modèle et hypothèses

Le coefficient de frottement entre la colonne et la console est $f = \tan\phi = 0,3$.

Un objet de poids $\vec{P} = -P \vec{y}$ est placé en C sur la console.

La masse de la console est négligée devant les autres actions mécaniques.

La liaison entre la console et la colonne est supposée ne pas être une liaison pivot glissant parfaite. En fait, **on suppose que le contact entre la console et la colonne est limité aux points A et B** (Cf. figure suivante).

On suppose le mécanisme plan et être à la limite du glissement.



Objectif : Déterminer la condition pour que la console ne glisse pas.

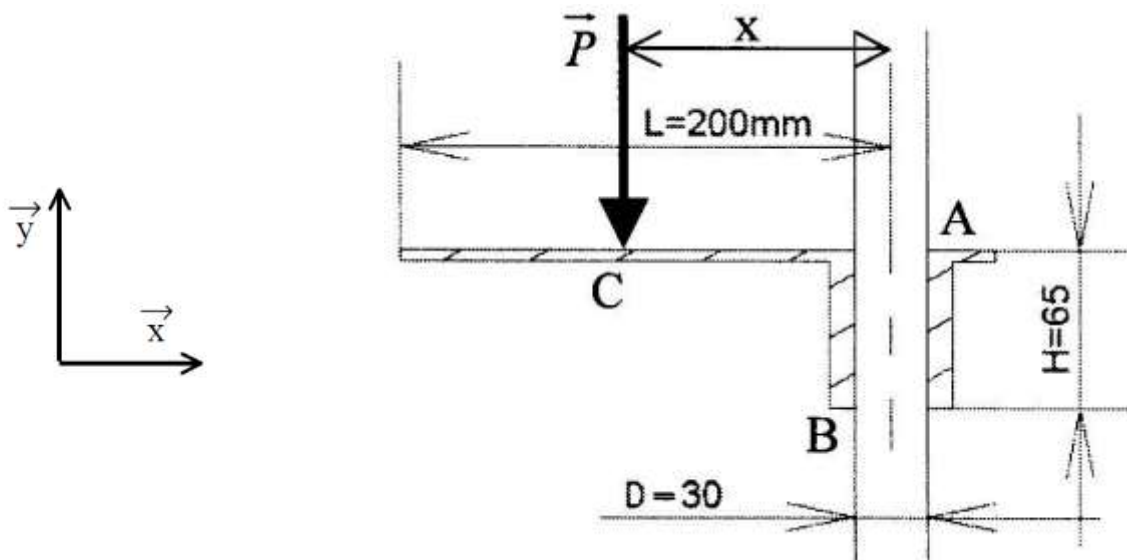
Question 1 : Paramétrer les actions en A et B sur (2) avec une composante normale positive.

Question 2 : Isoler la console (2) et écrire les 3 équations issues du PFS (moment en A).

Question 3 : Si on se place à la limite du glissement en A et B, en déduire les composantes Y^A_{12} et Y^B_{12} en fonction de P.

Question 4 : Déterminer la composante X^B_{12} en fonction de P et de f.

Question 5 : Déterminer alors l'expression de x pour que la console ne glisse pas.



Exercice 3 : RÉSISTANCE AU ROULEMENT D'UN TGV

Le TGV Duplex présente une masse de 386 tonnes, une vitesse maximale de 300 km/h est une puissance de 8800 kW. Le contact roue-rail est de type acier sur acier. La SNCF évalue le coefficient de frottement à 0,15 et le coefficient de roulement à 3 mm. Les roues ont pour diamètre 920 mm.

Objectif : Vérifier si la puissance disponible est suffisante pour vaincre la résistance au roulement.

Question 1 : Déterminer le moment de résistance au roulement global subit par le TGV.

Question 2 : Déterminer la vitesse angulaire des roues en rad/s.

Question 3 : En déduire la puissance nécessaire pour vaincre la résistance au roulement. Vérifier si la puissance installée sur le TGV est suffisante.

Exercice 4 : AIDE AU DÉMARRAGE EN PENTE

La Renault Mégane est dotée d'un frein de stationnement électrique permettant l'automatisation de la fonction et l'apport de fonctionnalités nouvelles.

L'aide au démarrage en pente apporte un réel confort de conduite au conducteur. À chaque coupure du moteur, le frein de stationnement est automatiquement serré. Il se desserre au redémarrage dès que le couple moteur nécessaire pour avancer est atteint.

Autre avantage pour l'utilisateur, il offre une assistance pour les démarrages et les manœuvres en pente. Afin de faciliter la manœuvre du démarrage en côte tant redoutée par un grand nombre de conducteurs, le frein de stationnement reste jusqu'à 2 secondes après le lâcher de la pédale de frein. Cela laisse le temps au conducteur de passer de la pédale de frein à celle d'accélérateur sans risquer un mouvement non contrôlé de son véhicule vers le bas de la pente.

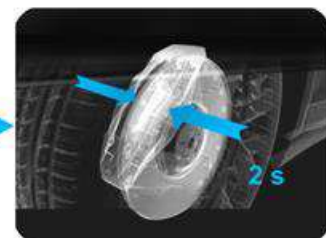
Cette aide au démarrage s'active dès 3% de pente dans les deux sens de déplacement.

Ce système est composé d'un moteur électrique, placé sous le siège avant gauche, tirant les câbles du dispositif dédié de serrage des disques de frein arrière. Son calculateur contrôle le dosage de l'effort à appliquer, en fonction de la pente, pour immobiliser le véhicule. Un programme de réajustement de l'effort de freinage veille en permanence sur l'efficacité du serrage, par exemple lors d'un chargement du véhicule en pente ou sous une forte variation de température (voir vidéos sur site internet).

Aide au démarrage en pente / Hill start assistance



Pédale de frein relâchée
Release brake pedal



Maintien du freinage pendant 2 secondes
Vehicle remains stationary for 2 seconds

Objectif :

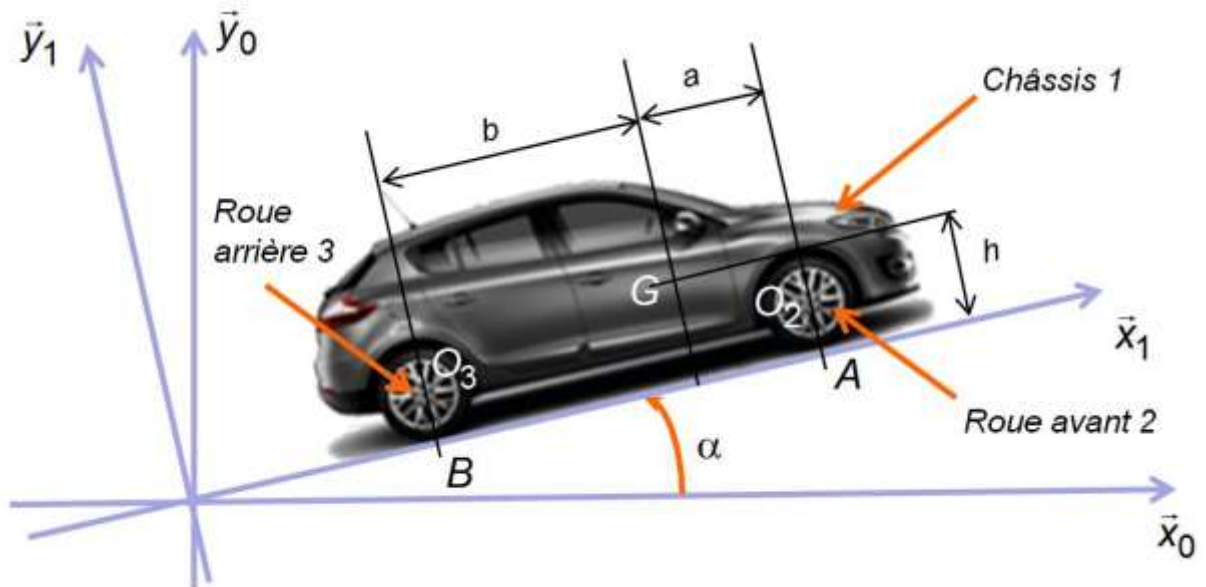
Afin de dimensionner l'actionneur électrique qui tend le câble du frein de stationnement, nous allons déterminer :

- la pente limite (en %) acceptable au-delà de laquelle le véhicule glisse par rapport au sol ;
- la pente limite (en %) acceptable au-delà de laquelle le véhicule bascule en arrière ;
- le couple de freinage qu'il faut exercer sur une roue arrière dans le cas le plus défavorable.

Modèle et hypothèses

Le problème est considéré plan dans le plan médian de la voiture. On ne considère donc qu'une demi-voiture dans ce plan médian. Les données sont :

- masse du châssis (1) avec 4 passagers : $M = 1300 \text{ kg}$;
- masses des roues négligeables ;
- 60% de la masse est répartie sur l'avant : $a = 0,9 \text{ m}$, $b = 1,40 \text{ m}$ et $h = 0,9 \text{ m}$.
- diamètre d'une roue 205/55 R15 : $D = 648 \text{ mm}$.
- coefficient d'adhérence pneu/route $f = 0,6$.
- véhicule supposé maintenu à l'équilibre, sur une route (0) de pente α , par le dispositif de frein de stationnement électrique qui n'agit que sur les roues arrières (3). Les roues avant (2) peuvent donc rouler sans glisser.
- action de ce frein modélisée par un couple entre le châssis (1) et les roues arrières (3): $\vec{C}_{1 \rightarrow 3} = \vec{C}_{fz}$.



Question 1 : Réaliser le graphe de structure.

Question 2 : Isoler l'ensemble (2) et en déduire le modèle de l'action mécanique de 0 sur 2.

Question 3 : Isoler l'ensemble (1+2+3) et en déduire X_{03} , puis Y_{03} et enfin Y_{02} en fonction de M et des caractéristiques géométriques.

Question 4 : En déduire la pente limite (en %) acceptable au-delà de laquelle le véhicule glisse par rapport au sol.

Question 5 : En déduire la pente limite (en %) acceptable au-delà de laquelle le véhicule bascule en arrière.

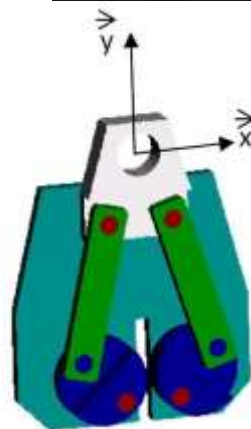
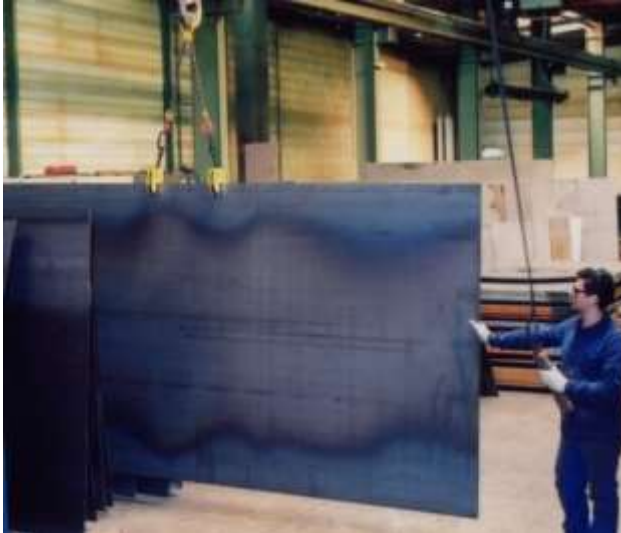
Question 6 : Isoler l'ensemble (3) et en déduire C_f en fonction de M et des caractéristiques géométriques. Faire l'application numérique pour une pente de 30%.

Exercice 5 : PINCE PORTE TÔLE

De par leur géométrie, la manipulation des tôles est souvent complexe. En général, elles sont transportées horizontalement.

Cependant, cela ne peut pas être le cas pour une tôle seule, en effet, celle-ci fléchirait sous son propre poids, c'est pourquoi elles sont dans ce cas transportées verticalement.

Le problème consiste alors à trouver un dispositif qui permet de les fixer au système qui va les déplacer, notamment une pince porte-tôle dont des photos sont données ci-dessous, et des vidéos sur le site internet.

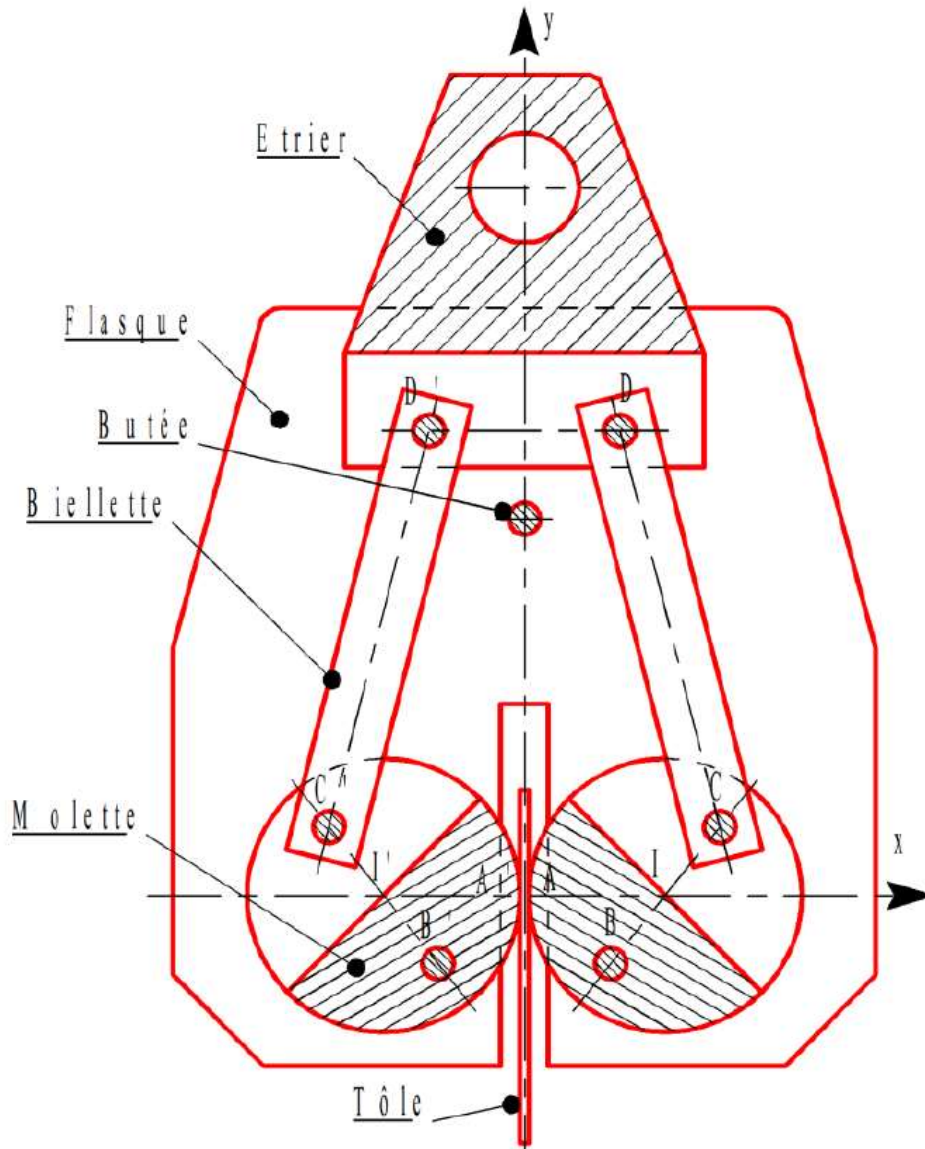


Modèle et hypothèses

La tôle est serrée entre deux molettes. Ces molettes sont en liaison pivot d'axe (B,z) et (B',z) avec le flasque, et en liaison pivot d'axe (C,z) et (C',z) avec deux biellettes.

Les biellettes sont quant à elles en liaison pivot d'axe (D,z) et (D',z) avec l'étrier auquel est accrochée la chaîne. Toutes les liaisons sont sans frottement sauf les liaisons entre la tôle et les molettes.

La masse des pièces est négligeable devant la masse de la tôle.



On pose :

$IA = IA' = R$ avec $R = 30\text{mm}$ (A sera supposé confondu avec A')

$\vec{IC} = -\vec{IB} = a\vec{x} + b\vec{y}$ avec $a = 12\text{mm}$ et $b = 15\text{mm}$

$\vec{ID} = -c\vec{x} + d\vec{y}$ avec $c = 10\text{mm}$ et $d = 102\text{mm}$

P le poids de la tôle

Objectif :

Déterminer la valeur minimale du coefficient de frottement entre la tôle et les molettes pour que ce dispositif puisse fonctionner.

Question 1 : Réaliser le graphe de structure.

Question 2 : Isoler les ensembles soumis à 2 forces et en déduire les modèles des actions mécaniques.

Question 3 : Isoler la tôle T et en déduire Y_{MT} en fonction de P.

Question 4 : Isoler l'ensemble (M+M'+F+T) et en déduire l'action mécanique de la molette M sur la bielle B en fonction de P et des caractéristiques géométriques.

Question 5 : Isoler la molette M et en déduire X_{MT} en fonction de P et des caractéristiques géométriques.

Question 6 : En déduire la valeur minimale du coefficient de frottement entre la tôle et les molettes au-delà de laquelle la tôle ne glisse pas par rapport aux molettes.