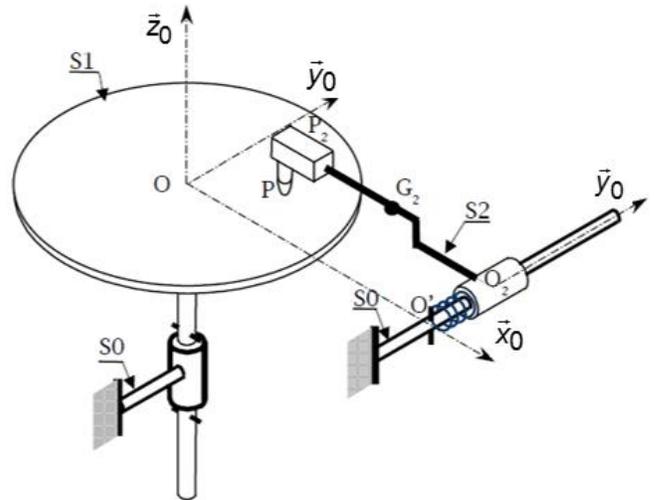


Exercice 1.1 : TRIBOMETRE

On s'intéresse à un appareil qui permet de mesurer le coefficient de frottement f entre un disque S_1 entraîné en rotation par un motoréducteur et un pion P_2 solidaire d'un bras S_2 .

La mesure du déplacement linéaire du bras S_2 par rapport au bâti S_0 permet de déterminer le coefficient de frottement recherché.



Hypothèses et données

- $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est un repère associé au bâti S_0 . \vec{z}_0 est vertical ascendant ;
- $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ est un repère associé au disque S_1 en liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_0) avec le bâti S_0 tel que $\alpha = (\vec{x}_0, \vec{x}_1)$;
- le bras S_2 , de masse m et de centre de gravité G_2 est en liaison pivot glissant d'axe (O_2, \vec{y}_0) avec le bâti S_0 tel que $\overline{O'O_2} = \lambda \vec{y}_0$;
- un ressort de rappel de raideur k est installé entre le bâti S_0 et le bras S_2 . On considère que l'effort de rappel est nul lorsque $\lambda = 0$.

On note : $\overline{OO_1} = d \vec{x}_0$, $\overline{O_2G_2} = -b \vec{x}_0 + h \vec{z}_0$ et $\overline{O_2P} = -a \vec{x}_0$.

Toutes les liaisons sont supposées parfaites. Le contact entre le disque S_1 et le pion S_2 est supposé ponctuel et on utilisera les lois de Coulomb relatives au glissement avec frottement de coefficient f .

On se placera en régime permanent : $\dot{\alpha}$ constant avec $\dot{\alpha} > 0$ et $\dot{\lambda} = 0$.

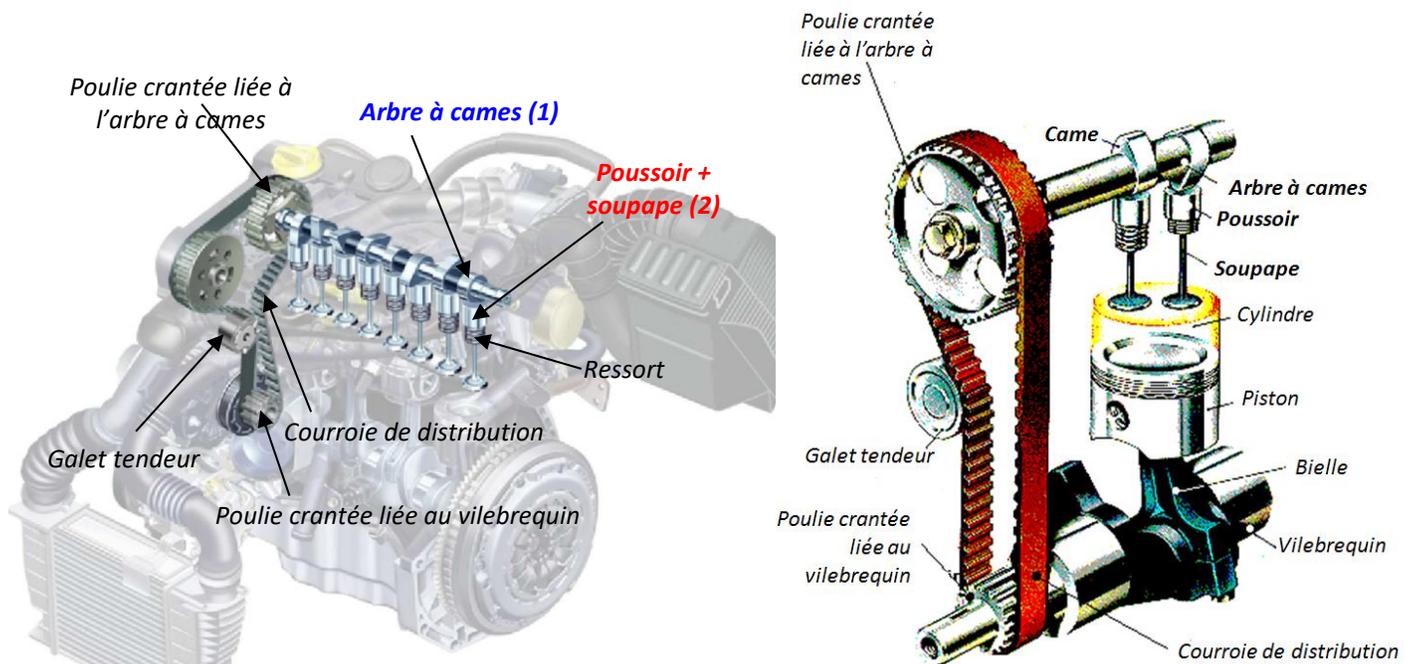
Objectif : déterminer le coefficient de frottement en fonction du déplacement du bras S_2 noté λ .

- Q1** : Réaliser le graphe de structure.
- Q2** : Déterminer l'expression du vecteur vitesse de glissement entre le pion S_2 et le disque S_1 . En déduire l'expression du vecteur unitaire \vec{u} donnant la direction de ce vecteur vitesse.
- Q3** : En déduire l'expression du torseur d'action mécanique $\{T_{1 \rightarrow 2}\}$ associé au contact ponctuel entre S_1 et S_2 .
- Q4** : Isoler le bras 2 et exprimer $\{T_{1 \rightarrow 2}\}$ en fonction de m, g, k, λ et des caractéristiques géométriques.
- Q5** : En déduire l'expression de f en régime permanent.

Exercice 1.2 : SYSTEME DE DISTRIBUTION D'UN MOTEUR 4 TEMPS

Le système de distribution automobile permet l'admission du mélange gaz frais (air + carburant) et le refoulement des gaz d'échappement lors du cycle 4 temps d'un moteur thermique.

Le vilebrequin (arbre moteur) entraîne en rotation l'arbre à cames par l'intermédiaire d'une transmission poulie/courroie crantée (courroie de distribution). Le mouvement de rotation continue de l'arbre à cames **1** est ensuite transformé en un mouvement de translation alternative de l'ensemble poussoir+soupape **2**.



On s'intéresse dans la suite, au comportement cinématique de ce dispositif de transformation de mouvement par came. Pour simplifier l'étude, on l'assimilera un dispositif de transformation de mouvement par excentrique (came circulaire excentrée).

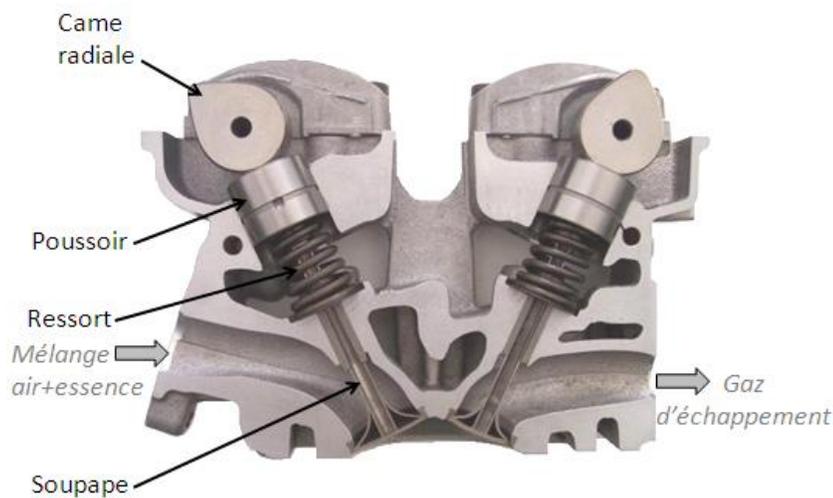


Photo du dispositif de transformation de mouvement par came radiale

Lycée G. Monod SII MP

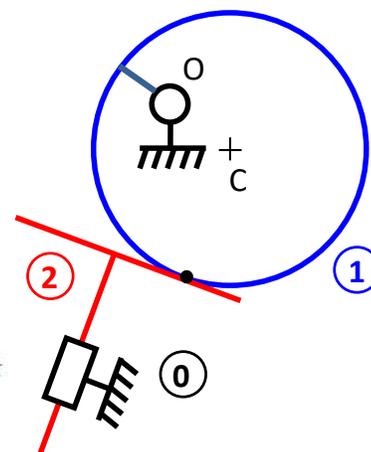
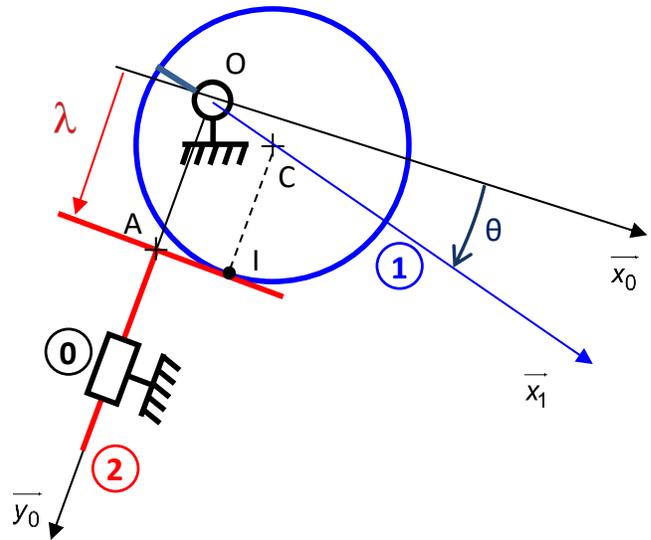


Schéma cinématique du dispositif de transformation de mouvement par excentrique

Constituants et paramétrage :

- le carter **0**, de repère associé $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, est considéré comme fixe ;
- l'arbre à came **1**, de repère associé $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$, est en mouvement de rotation d'axe (O, \vec{z}_0) par rapport au carter **0** tel que $(\vec{x}_0, \vec{x}_1) = \theta$. La came, représentée par un disque de rayon R et de centre C tel que $\vec{OC} = e \vec{x}_1$, est en contact ponctuel en I avec l'ensemble poussoir+soupape **2** ;
- l'ensemble poussoir+soupape **2** $R_2(A, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est en mouvement de translation à trajectoire rectiligne de direction \vec{y}_0 par rapport au carter **0** tel que $\vec{OA} = \lambda(t) \vec{y}_0$.



Sur **1** s'exerce un couple de moment $C \vec{z}_0$. Sur **2** s'exerce une force de résultante $-F \vec{y}_0$.

Le coefficient de frottement entre **1** et **2** est $f = 0,1$.

Objectif : déterminer le couple C en fonction de F et si l'influence du frottement est négligeable (influence sur C inférieure à 10% sur les valeurs maximales).

On donne $\dot{\theta} > 0$, $e = 14 \text{ mm}$ et $R = 25 \text{ mm}$.

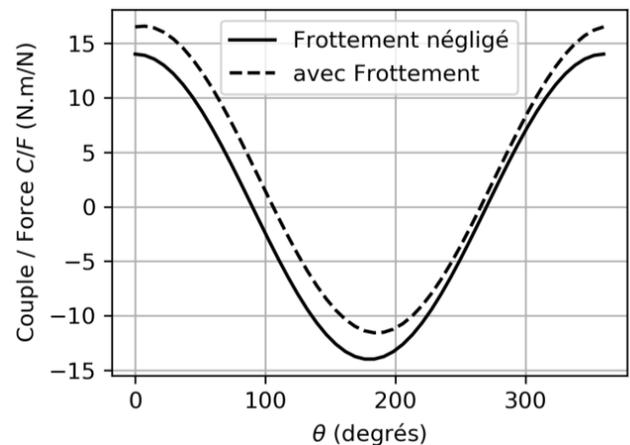
Q1 : Exprimer le vecteur vitesse de glissement de **1** par rapport à **2** dans la base liée au contact.

Q2 : Exprimer l'action de contact de **2** sur **1**, $\{T_{2 \rightarrow 1}\}$ en fonction de N , composante normale supposée positive, du coefficient de frottement.

Q3 : Déterminer, en quasi-statique, la relation entre C et F .

Le tracé du rapport C/F avec et sans frottement dans les courbes ci-dessous.

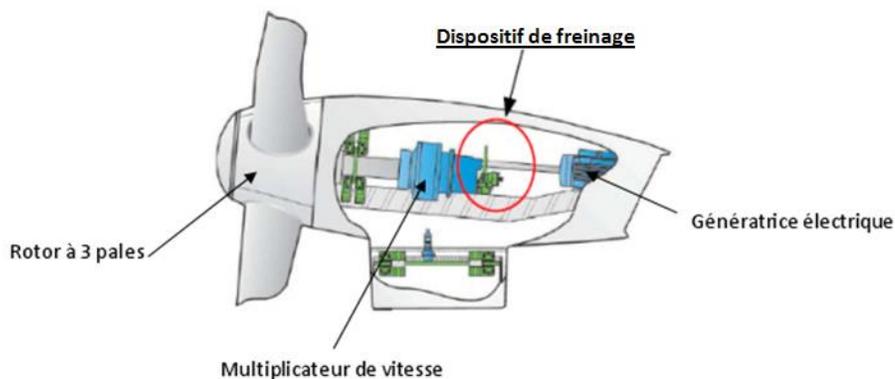
Q4 : Conclure.



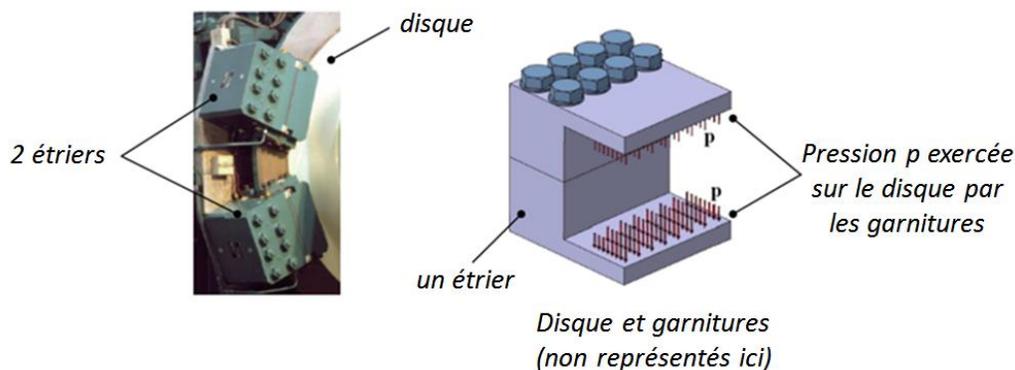
Exercice 1.3 : FREIN D'URGENCE D'UNE EOLIENNE

On s'intéresse au dispositif de freinage d'urgence installé pour des raisons de sécurité sur certaines éoliennes de grandes puissances.

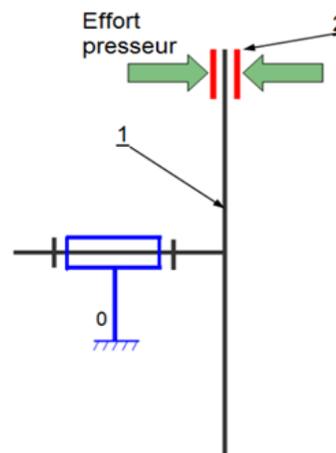
Ce dispositif peut notamment être activé si un corps étranger percute une pale au point de l'endommager et de créer un « balourd » entraînant des efforts indésirables dans les roulements qui guident en rotation le rotor.



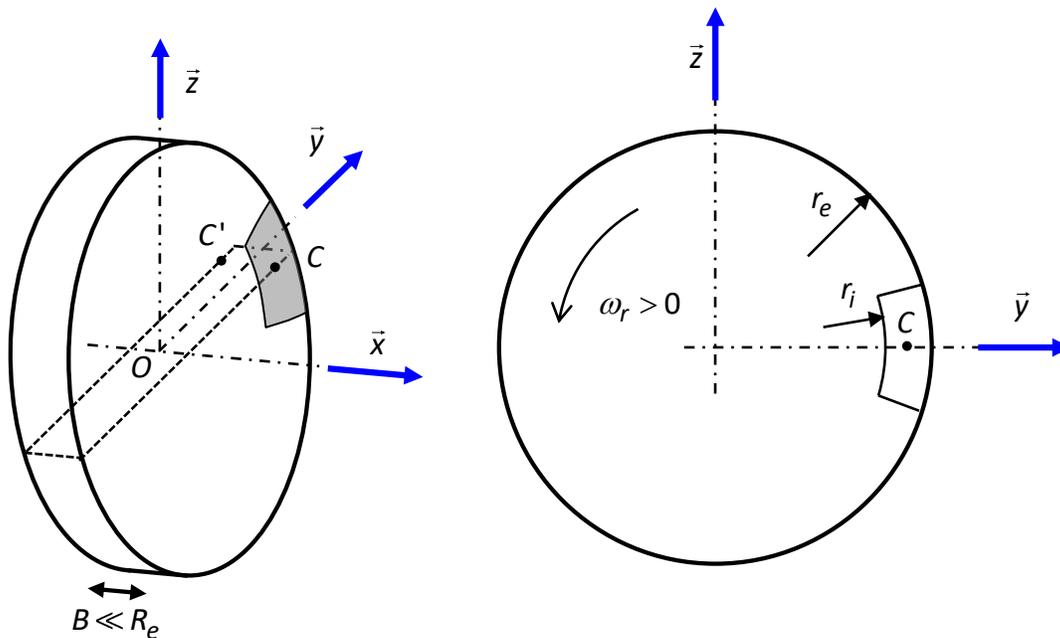
Le dispositif de freinage retenu est un frein à disque composé d'un disque 1 et de deux étriers contenant chacun deux garnitures 2.



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 .



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-après du disque 1.



Seul le disque 1 est représenté.

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').

Q1 : 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.

Q2 : Appliquer le théorème du moment cinétique au rotor de l'éolienne (comprenant le disque) afin de déterminer une relation entre la décélération angulaire $\dot{\omega}_r$ et l'effort presseur F_p .

Exercice 1.4 : RESISTANCE 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.

Q1 : Déterminer le moment de résistance au roulement global subit par le TGV.

Q2 : Déterminer la vitesse angulaire des roues en rad/s.

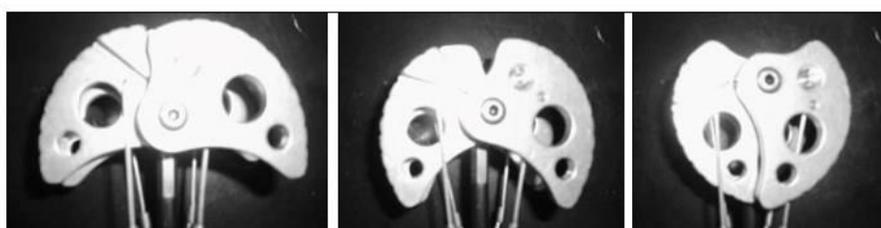
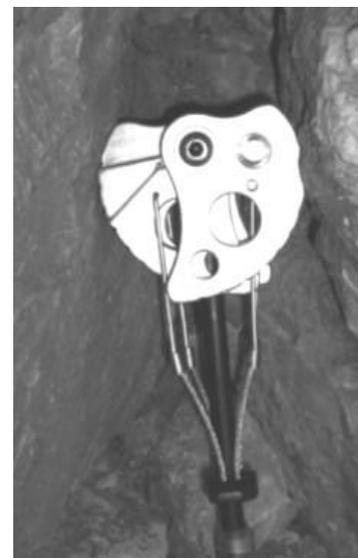
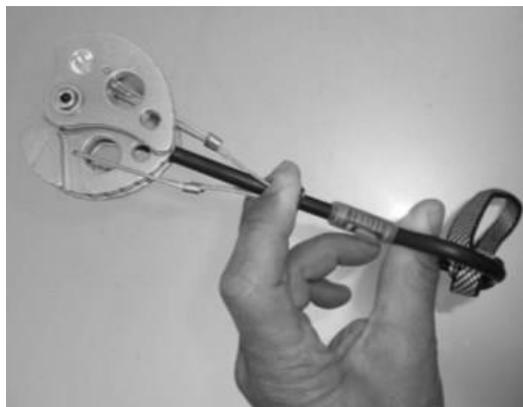
Q3 : En déduire la puissance nécessaire pour vaincre la résistance au roulement. Vérifier si la puissance installée sur le TGV est suffisante.

Exercice 1.5 : COINCEUR MECANIQUE A CAMES « FRIEND »

D'après sujet de M. Papanicola. <http://sciences-indus-cpge.papanicola.info>.

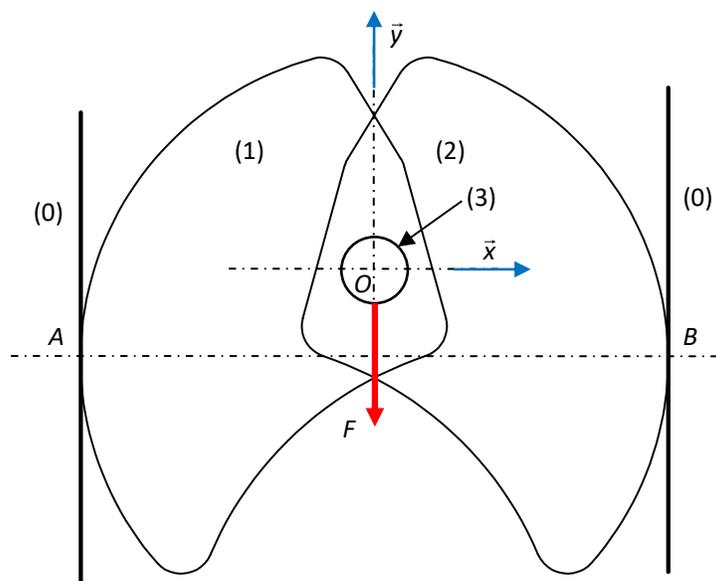
En escalade, en l'absence de points de liaison permanents (pitons, broches scellés...), l'assurage peut être complété par des coinces, qui se placent dans les fissures, et se bloquent sous le choc en cas de chute. C'est l'adhérence qui permet la retenue de la chute.

Il existe des coinces monoblocs, qui permettent un coincement dans une fissure à bords convergents, mais les « friends » permettent une protection dans des fissures à bords parallèles de largeur variable et de tailles différentes (par exemple, de 55 à 90 mm pour un « flex no 4 »).



Ouverture du coinces

On se propose d'étudier les conditions de retenue d'un coinces « Rock Empire Flex » schématisé ci-dessous dans le plan (O, \bar{x}, \bar{y}) . Le modèle est plan. Les cames (1) et (2) ont en liaison pivot, supposées parfaites, avec l'axe (3). Le contact avec le rocher (0) (fissure à bords parallèles) s'effectue avec frottement. On pose $\overrightarrow{OB} = -e \bar{y} + R \bar{x}$ ($R=35$ mm et $e=6$ mm). Suite à une chute, la corde qui retient le grimpeur, exerce un effort de $F=10\,000$ N sur le câble, donc sur l'axe (3) du « friend ».



- Q1 :** Réaliser le graphe de structure et définir les torseurs des actions mécaniques de (0) sur (1) et (2).
- Q2 :** Déterminer ces actions en fonction de F , e et R (plusieurs isolements sont nécessaires). Les dessiner sur le schéma d'étude. Application numérique.
- Q3 :** Déterminer le coefficient de frottement f_{im} minimal nécessaire pour assurer le bon fonctionnement du coinces sur une fissure à bords parallèles. Repérer sur le schéma l'angle φ_{im} du cône de frottement associé à ce coefficient.