

TD 01



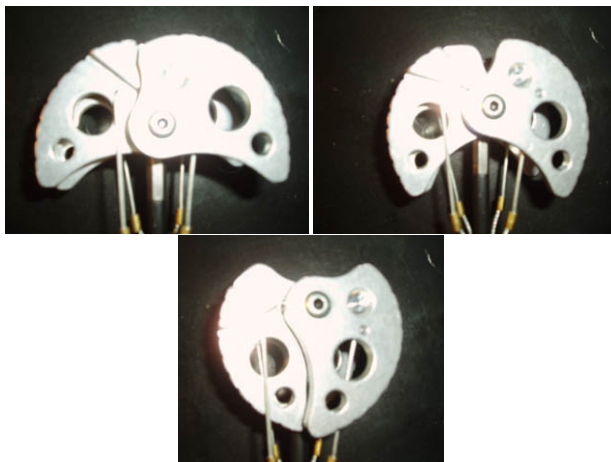
Coinceur d'escalade

Alain Passeron, Mathieu Nierenberger.

Savoirs et compétences :

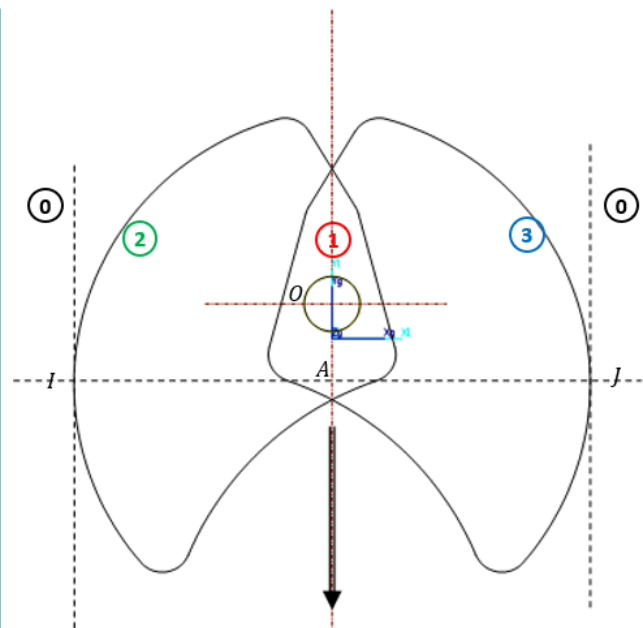
Mise en situation

En escalade, en l'absence de points de liaison permanents (pitons, broches scellés...), l'assurage peut être complété par des coincesurs, 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 coincesurs monoblocs, qui permettent un coincement dans une fissure à bords convergents, mais les « friends » à came, articulés sont très supérieurs en cela qu'ils permettent une protection dans des fissures à bords parallèles. De plus, leur géométrie leur permet de s'adapter à des fissures de tailles différentes (par exemple de 55 à 90 mm pour un « flex no 4 »).

On se propose d'étudier les conditions de retenue d'un coinceur « Rock Empire Flex » schématisé ci dessous, en modélisation plane. Dans le cadre de ce modèle, on considère donc les 2 cames 2 et 3 en appui sur les parois supposées parallèles et en liaison pivot avec l'axe cylindrique 1. C'est sur cet axe qu'est accroché le grimpeur. On note α l'angle OIA supposé connu (en le mesurant).



Question 1 Réaliser un graphe de liaisons.

Question 2 Sur la figure précédente, indiquer la direction et le sens des efforts normaux et tangentiels.

Question 3 Déterminer le coefficient de frottement permettant d'encaisser l'effort de la chute.

Question 4 Quel est l'effort d'écartement imposé aux lèvres de la fissure sous 10 kN de traction (composante normale à la surface du rocher) ?

Question 5 Sur le corps du coinceur, il est porté : **Maxi** : 12 kN. Y a-t-il risque de glissement au delà de cette charge ? pourquoi ? et que se passe-t-il alors ?

Pour aller plus loin : profil idéal de la came

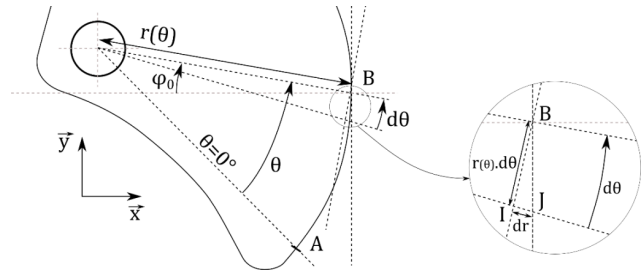
Nous allons, dans cette partie, rechercher le profil idéal de la came du coinceur, en supposant que le co-

efficient de frottement minimal obtenu précédemment est valide pour toutes les largeurs de fissure.

On se place dans le cas de la fissure la plus large (contact en A avec le rocher). Soient r_0 la distance OA, L_{f0} la largeur totale de la fissure, $f_0 = \tan \varphi_0$ le coefficient de frottement coinçeur / roche minimal déterminé précédemment (qui pourrait être déterminé expérimentalement dans le cadre de la conception du coinçeur).

Question 6 En appliquant judicieusement le principe fondamental de la statique, établir la relation entre r_0 , L_{f0} et φ_0 . On remarque que pour l'instant, on n'étudie qu'une seule largeur de fissure, le raisonnement pouvant être étendu à d'autres.

Afin que le contact rocher / came du coinçeur se fasse au bon endroit, dans le cas d'une fissure à bords parallèle, il faut s'assurer que la tangente à la courbe de la came au niveau du point de contact B soit dirigée suivant \vec{y} (voir figure ci-dessous). Le profil de la came peut être exprimé sous la forme d'une équation polaire $r(\theta) = f(\theta)$ avec f une fonction à déterminer. On considère que $\theta = 0$ pour la plus grande largeur de fissure L_{f0} (associée au contact au point A).



Question 7 L'angle $d\theta$ étant faible, on peut considérer que le triangle IJB est rectangle en I. Déterminer à partir de relations géométriques dans ce triangle la relation entre $\frac{dr}{d\theta}$, $r(\theta)$ et φ_0 . Mettre l'équation obtenue sous la forme d'une équation différentielle du premier ordre.

Question 8 Résoudre l'équation différentielle précédente en considérant que pour $\theta = 0$ (contact en A), $r(\theta = 0) = r_0$, avec r_0 le rayon déterminé précédemment en fonction de L_{f0} . Tracer l'allure du profil de came obtenu, en considérant que le coinçeur doit s'adapter à des largeurs de fissures allant de 65 à 90 mm (caractéristiques du coinçeur flex n 4), et que $\varphi_0 = 9^\circ = 0,157$ rad. La forme de came calculée vous semble-t-elle correspondre à la forme réellement utilisée par le constructeur?

TD 01



Coinceur d'escalade

Alain Passeron, Mathieu Nierenberger.

Savoirs et compétences :

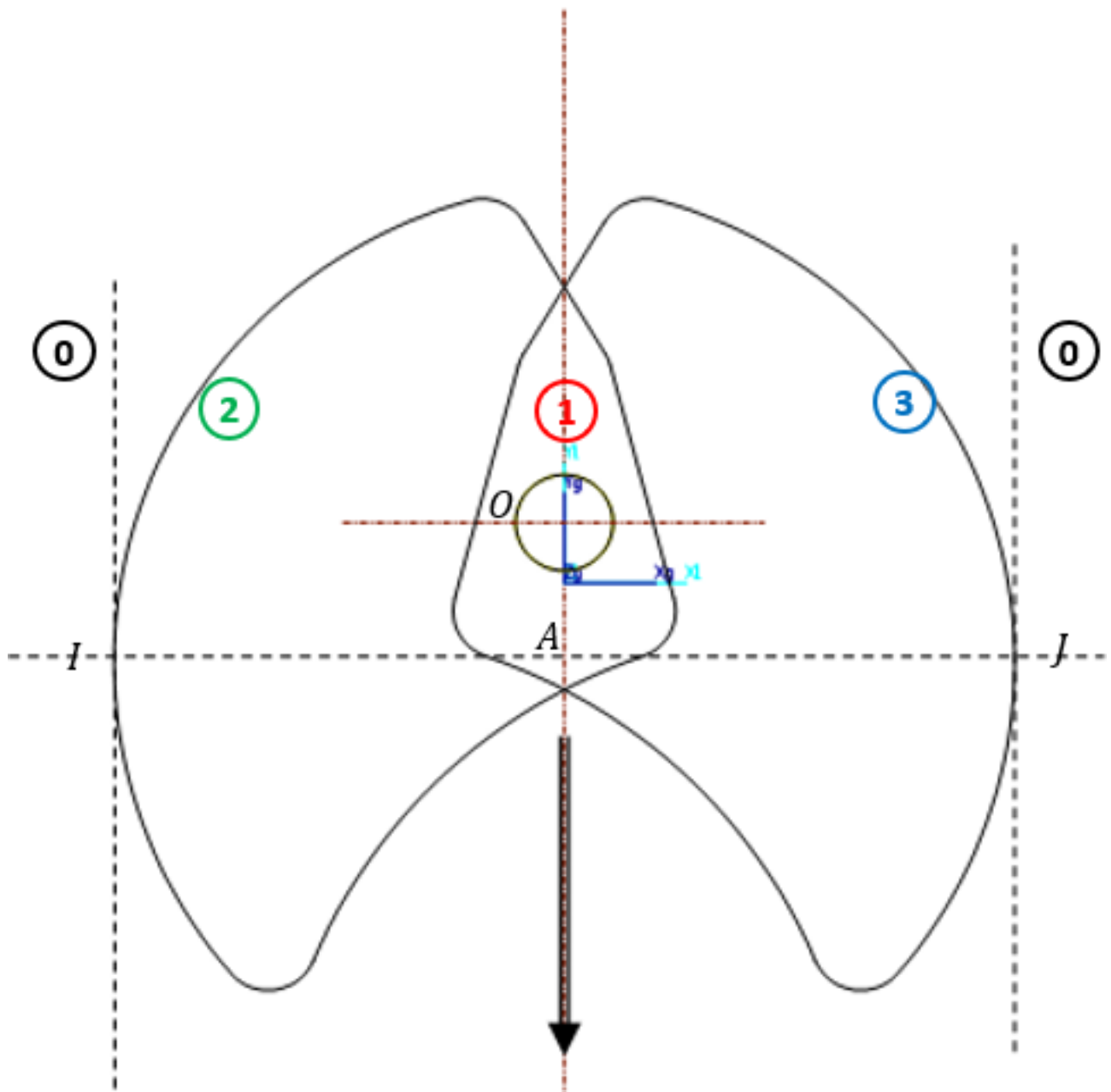
Mise en situation

En escalade, en l'absence de points de liaison permanents (pitons, broches scellés...), l'assurage peut être complété par des coincesurs, 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 coincesurs monoblocs, qui permettent un coincement dans une fissure à bords convergents, mais les « friends » à came, articulés sont très supérieurs en cela qu'ils permettent une protection dans des fissures à bords parallèles. De plus, leur géométrie leur permet de s'adapter à des fissures de tailles différentes (par exemple de 55 à 90 mm pour un « flex no 4 »).

On se propose d'étudier les conditions de retenue d'un coincesur « Rock Empire Flex » schématisé ci dessous, en modélisation plane. Dans le cadre de ce modèle, on considère donc les 2 comes **2** et **3** en appui sur les parois supposées parallèles et en liaison pivot avec l'axe cylindrique **1**. C'est sur cet axe qu'est accroché le grimpeur. On note α l'angle OIA supposé connu (en le mesurant).



Question 1 Réaliser un graphe de liaisons.

Correction

Question 2 Sur la figure précédente, indiquer la direction et le sens des efforts normaux et tangentiels.

Correction

Question 3 Déterminer le coefficient de frottement permettant d'encaisser l'effort de la chute.

Correction

Isolement : on isole la came 2.

Bilan des actions mécaniques extérieures :

- action de la ponctuelle en I ;
- action de la liaison pivot en O .

Résolution : le problème est plan, les torseurs sont des glisseurs. D'après le PFS, on a directement : $\overrightarrow{R(0 \rightarrow 2)} = F \overrightarrow{u}$ et $\overrightarrow{R(1 \rightarrow 2)} = -F \overrightarrow{u}$.

Isolement : on isole les deux cames et l'axe.

Bilan des actions mécaniques extérieures :

- $\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 2)\} = \left\{ \begin{array}{c} F_{02} \overrightarrow{u} \\ 0 \end{array} \right\}_I$;
- $\{\mathcal{T}(0 \rightarrow 3)\} = \left\{ \begin{array}{c} F_{03} \overrightarrow{v} \\ 0 \end{array} \right\}_J$;
- $\{\mathcal{T}(\text{Corde} \rightarrow 1)\} = \left\{ \begin{array}{c} -F \overrightarrow{y} \\ 0 \end{array} \right\}_O$.

Résolution : on écrit le PFS en O :

- TRS sur \overrightarrow{x} : $F_{02} \cos \alpha - F_{03} \cos \alpha = 0$;
- TRS sur \overrightarrow{y} : $F_{02} \sin \alpha + F_{03} \sin \alpha - F = 0$.

On a donc $F_{02} = F_{03}$ et $2F_{02} \sin \alpha = F$ soit $F_{02} = \frac{F}{2 \sin \alpha}$.

Question 4 Quel est l'effort d'écartement imposé aux lèvres de la fissure sous 10 kN de traction (composante normale à la surface du rocher) ?

Correction

Question 5 Sur le corps du coinreur, il est porté : **Maxi** : 12 kN. Y a-t-il risque de glissement au delà de cette charge ? pourquoi ? et que se passe-t-il alors ?

Correction

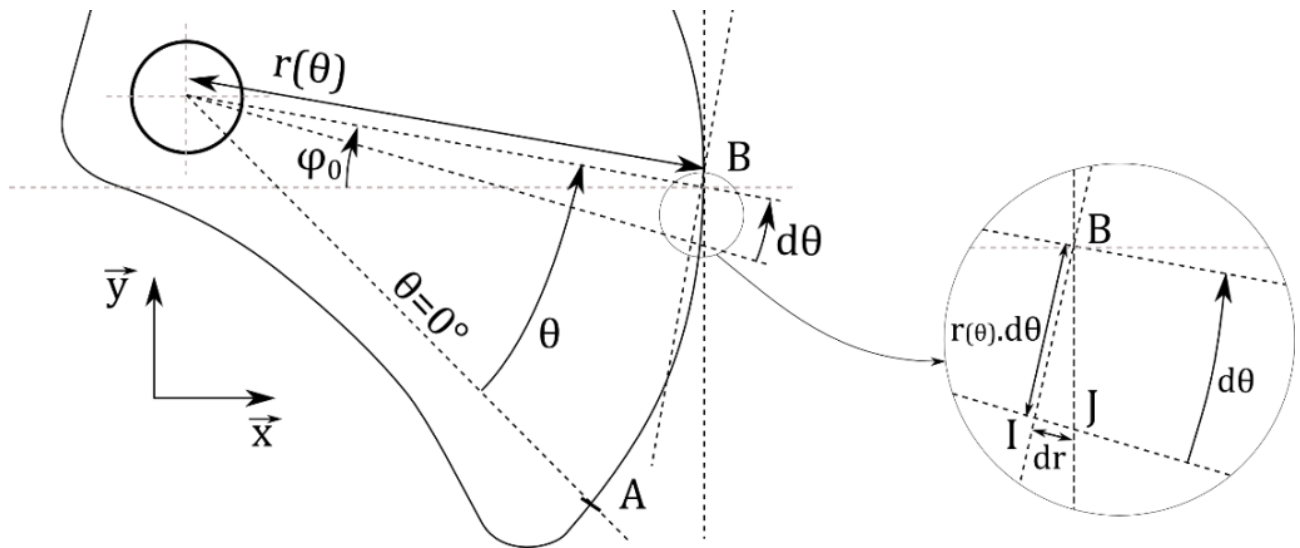
Pour aller plus loin : profil idéal de la came

Nous allons, dans cette partie, rechercher le profil idéal de la came du coinreur, en supposant que le coefficient de frottement minimal obtenu précédemment est valide pour toutes les largeurs de fissure.

On se place dans le cas de la fissure la plus large (contact en A avec le rocher). Soient r_0 la distance OA , L_{f0} la largeur totale de la fissure, $f_0 = \tan \varphi_0$ le coefficient de frottement coinreur / roche minimal déterminé précédemment (qui pourrait être déterminé expérimentalement dans le cadre de la conception du coinreur).

Question 6 En appliquant judicieusement le principe fondamental de la statique, établir la relation entre r_0 , L_{f0} et φ_0 . On remarque que pour l'instant, on n'étudie qu'une seule largeur de fissure, le raisonnement pouvant être étendu à d'autres.

Afin que le contact rocher / came du coinreur se fasse au bon endroit, dans le cas d'une fissure à bords parallèle, il faut s'assurer que la tangente à la courbe de la came au niveau du point de contact B soit dirigée suivant \overrightarrow{y} (voir figure ci-dessous). Le profil de la came peut être exprimé sous la forme d'une équation polaire $r(\theta) = f(\theta)$ avec f une fonction à déterminer. On considère que $\theta = 0$ pour la plus grande largeur de fissure L_{f0} (associée au contact au point A).



Question 7 L'angle $d\theta$ étant faible, on peut considérer que le triangle IJB est rectangle en I . Déterminer à partir de relations géométriques dans ce triangle la relation entre $\frac{dr}{d\theta}$, $r(\theta)$ et φ_0 . Mettre l'équation obtenue sous la forme d'une équation différentielle du premier ordre.

Question 8 Résoudre l'équation différentielle précédente en considérant que pour $\theta = 0$ (contact en A), $r(\theta = 0) = r_0$, avec r_0 le rayon déterminé précédemment en fonction de L_{f0} . Tracer l'allure du profil de came obtenu, en considérant que le coinçeur doit s'adapter à des largeurs de fissures allant de 65 à 90 mm (caractéristiques du coinçeur flex n 4), et que $\varphi_0 = 9^\circ = 0,157$ rad. La forme de came calculée vous semble-t-elle correspondre à la forme réellement utilisée par le constructeur?