



ARC-BOUTEMENT

Compétences visées:

B2-16 Modéliser une action mécanique.

1 Définition

On dit qu'il y a arc-boutement chaque fois que le phénomène d'adhérence provoque une impossibilité de mouvement (donc équilibre) quelle que soit l'intensité des efforts mis en jeu.

L'arc-boutement est un phénomène de blocage dû au frottement. Quel que soit l'effort extérieur appliqué au système, l'équilibre est assuré (et ce jusqu'à destruction du système!!!). L'arc-boutement est souvent une illustration de l'action positive du frottement. De nombreux dispositifs sont basés et fonctionnent grâce aux propriétés de l'arc-boutement : cale sous la roue d'une voiture ou sous la porte, serre-joint, roue libre (vélo), système vis-écrou irréversible, système de fixation... Parfois il est cependant néfaste (tiroir qui grince).

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 et on peut placer sur celle-ci des objets dont la masse ne dépasse pas 20 kg.

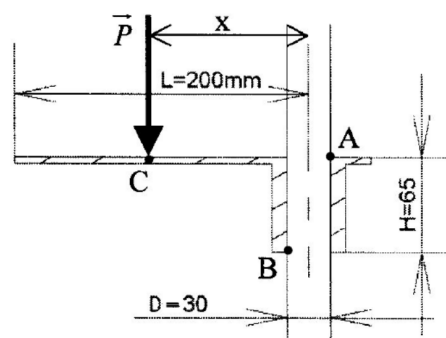
Le coefficient de frottement entre la colonne et la console est $f = \tan \varphi = 0,3$.

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

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

On se propose d'établir à quelle condition la console ne glisse pas.

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.

Q1 Montrer graphiquement, à l'aide de 2 figures, que si l'objet est :

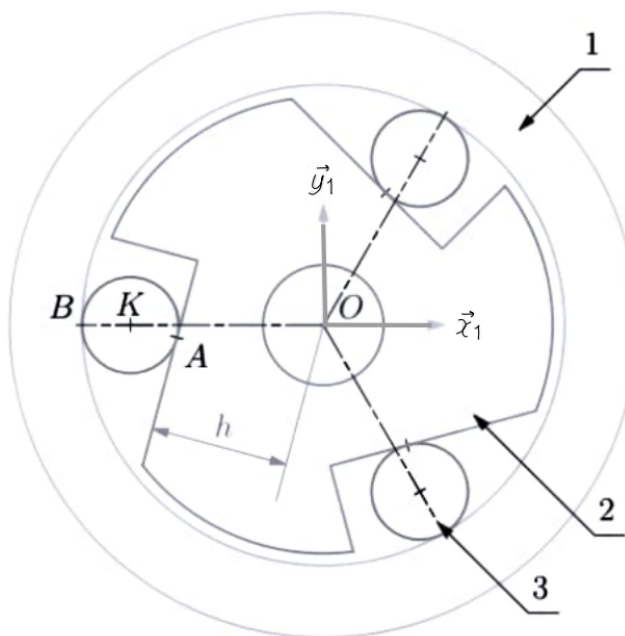
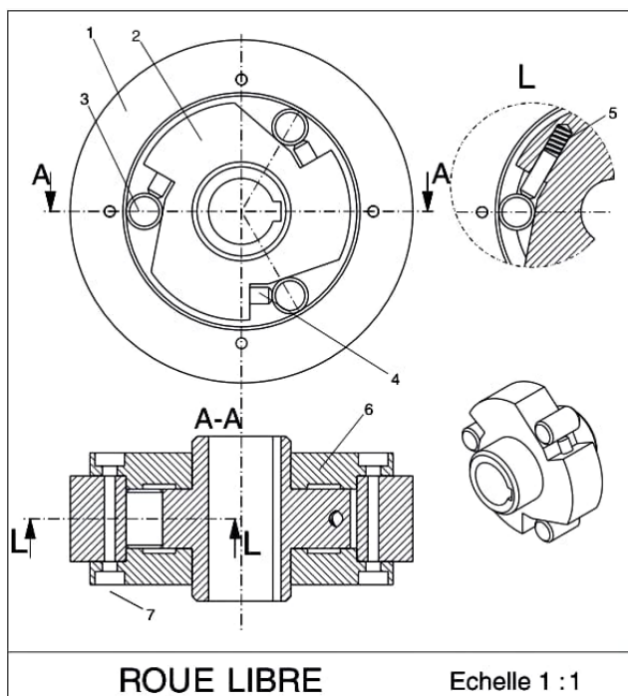
- proche de l'axe, la console glisse le long de la colonne.
- éloigné de l'axe, la console reste en équilibre.

Justifier votre raisonnement.

Q2 Déterminer graphiquement la position limite X_{lim} de C qui autorise l'équilibre. En déduire la relation entre X_{lim} , H et f . Cet équilibre est-il fonction de la masse de l'objet ?

3 Roue libre

Une roue libre est un dispositif qui n'autorise la rotation relative de deux solides que dans un seul des deux sens possibles. La figure ci-dessous présente un modèle de roue-libre à galets, dont le fonctionnement s'appuie sur le phénomène d'arc-boutement. Le paramétrage adopté est illustré sur la figure suivante.



Le mécanisme étudié comprend :

- une bague repérée 1 que l'on prend comme référence. On lui associe un repère $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ et on note la présence d'une forme cylindrique de révolution creuse d'axe (O, \vec{z}_1) et de rayon R .
- un arbre 2 que l'on considère en liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_1) avec la bague 1 et sur lequel sont usinés trois plans parallèles à l'axe de rotation et disposés à 120° . On note h la distance entre les plans et l'axe de rotation.
- trois galets 3 de rayon r , logés entre la forme cylindrique de révolution creuse de la bague et les plans de l'arbre.
- trois plots 4, poussés par les ressorts 5, maintiennent en permanence les galets en contact avec la bague et l'arbre. Concernant les actions mécaniques :
- toutes les pièces sont en acier et les contacts du galet avec la bague et l'arbre sont caractérisés par un coefficient de frottement noté f ;
- les ressorts sont de raideur suffisamment petite pour que l'on néglige leurs actions mécaniques devant les actions de contact ;
- la masse des galets 3 n'est pas prise en compte pour cette étude, ce qui permet de considérer le référentiel attaché à la bague comme galiléen.

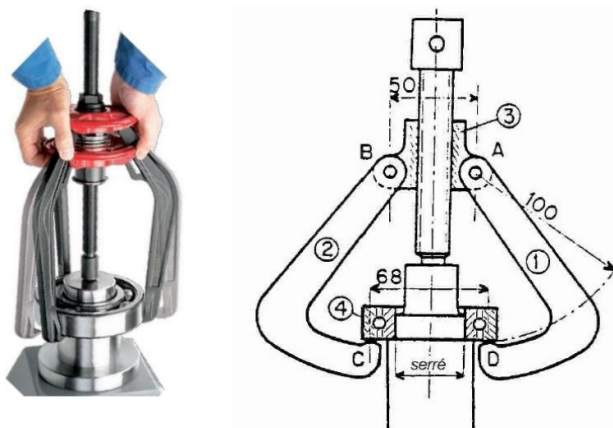


Tous les plans perpendiculaires à l'axe de rotation sont semblables, et on cherche à définir dans le plan $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1)$ les conditions géométriques à respecter pour que le fonctionnement souhaité soit possible.

- Q3** Est-il possible d'anticiper le sens de rotation bloqué ?
- Q4** Définir les conditions géométriques entre les trois paramètres R , r et h garantissant d'une part l'équilibre possible du galet 3 par rapport à la bague 1, d'autre part le montage possible du galet entre la bague et l'arbre.
- Q5** À partir des résultats précédents, justifier le sens de rotation bloqué.

4 Extracteur de roulements

On considère un extracteur de roulements dont le but est d'extraire les roulements détériorés qui sont montés serrés sur les arbres. Celui-ci est composé de 2 branches 1 et 2 articulées en A et B sur une noix taraudée 3.



Le poids des pièces est négligeable devant les autres actions mécaniques. Le coefficient de frottement en C et D entre le roulement 4 et les branches 1 et 2, est $f = \tan \varphi = 0,15$. Soit β l'angle d'adhérence (à ne pas confondre avec φ qui est l'angle d'adhérence limite). On considère le mécanisme plan.

Hypothèse : On suppose la branche 2 en équilibre

- Q6** Si cette hypothèse est vérifiée, que dire de la direction de l'action $\vec{C}_{4 \rightarrow 2}$?
- Q7** Existe-t-il arc-boutement (c'est à dire non glissement) en C et D lorsqu'une action est exercée par la vis dans la position définie par la figure ? Justifier de 2 manières différentes (analytiquement et graphiquement).
- Q8** Que dire si $f = \tan \varphi = 0,06$ ou si les points de contact C et D sont éloignés de l'axe ?