

TD5 : Frottement

Exercice 1 : Roulement à bille

Un roulement est un composant permettant de guider un arbre en rotation en limitant le moment résistant par interposition d'éléments roulants. On se propose d'étudier les phénomènes de frottement au contact entre les billes et les pistes de roulement puis d'en déduire quelques contraintes technologiques.

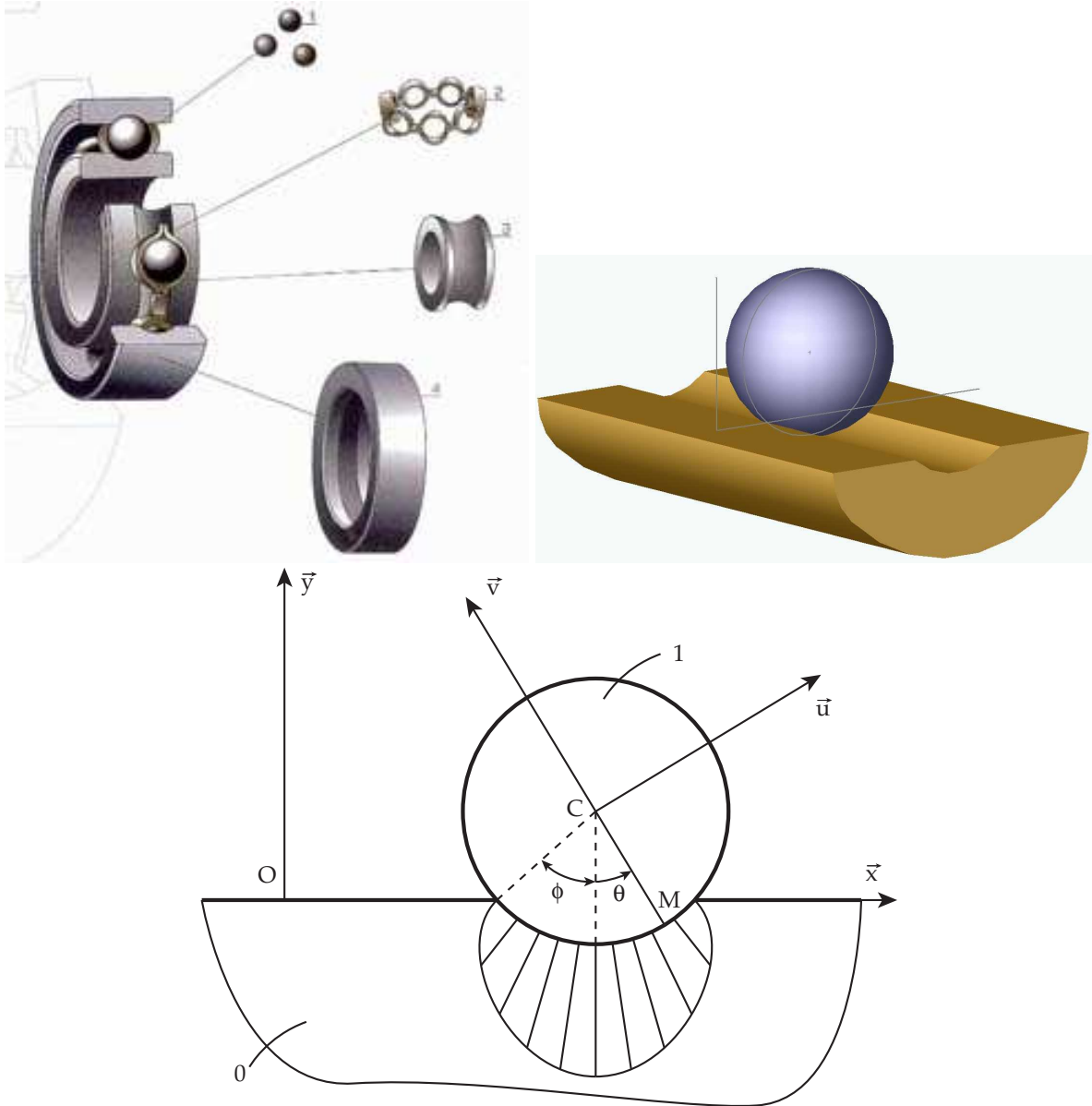


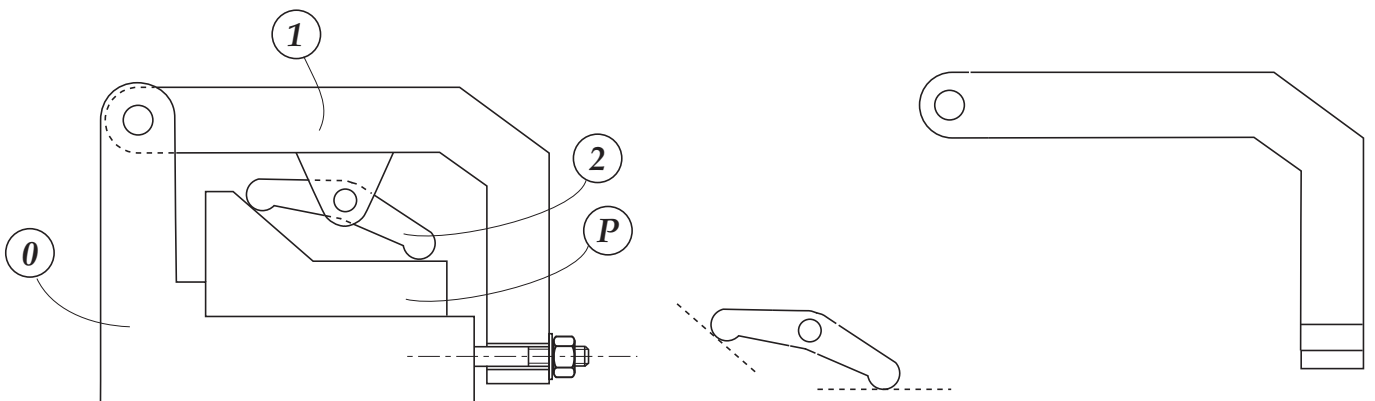
FIG. 1 – Frottement d'une bille dans une piste de roulement.

On considère une bille (figure 1) de centre C et de rayon R roulant dans une piste de génératrice parallèle à \vec{z} épousant la courbure de la bille de façon à augmenter la surface de portance (On suppose pour cet exercice la piste rectiligne de direction \vec{z}). La longueur de contact couvre dans le plan (\vec{x}, \vec{y}) les angles θ de $-\varphi$ à φ et a pour largeur b (petite et constante) dans la direction \vec{z} . On note M le point de contact paramétré par θ .

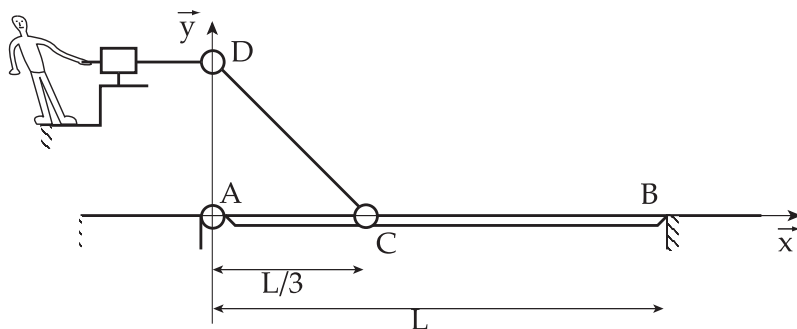
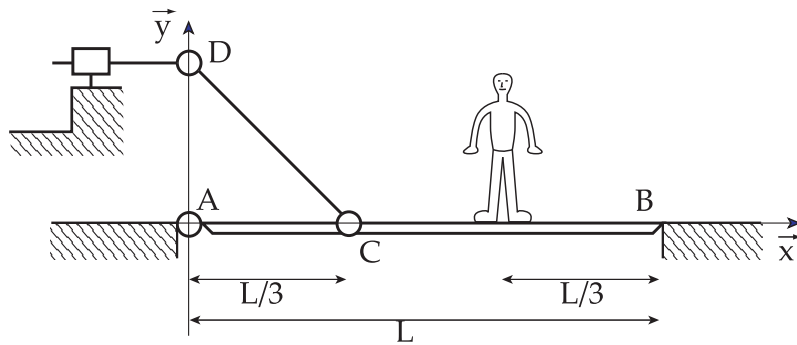
1. Donner le torseur cinématique de la bille par rapport à la piste en fonction de sa vitesse de rotation ω et de la vitesse V du point C suivant \vec{z} .
2. Montrer qu'il ne peut pas y avoir adhérence de la bille sur la piste sur toute la longueur de contact. Donner une condition sur φ , V , R et ω pour qu'il existe au moins un point d'adhérence et préciser alors le nombre de point d'adhérence.
3. On modélise la pression normale de contact le long de la ligne de contact sous la forme d'un cosinus : $p(\theta) = p_0 \cdot \cos\left(\frac{\theta \cdot \pi}{2 \cdot \varphi}\right)$. On suppose que $V > 0$ et qu'il existe au moins un point d'adhérence en θ_0 . Déterminer le vecteur d'effort linéique $\vec{F}(\theta)$ de 0 sur 1 pour chaque portion de la ligne de contact dans le cas où le contact est frottant modélisé par un frottement sec de coefficient f .
4. Les efforts extérieurs impose $\vec{F}_{0/1} \cdot \vec{z} = 0$. En déduire l'expression de θ_0 en fonction de φ .
5. Déterminer alors de moment en C de 0 sur 1 : $\vec{M}_{C,0/1}$. Faire l'application numérique pour $\varphi = \pi/6$, $R = 5 \text{ mm}$, $f = 0,05$, $b = 1 \text{ mm}$ et $p_0 = 100 \text{ MPa}$.
6. Déterminer la puissance des inter-efforts entre la bille et la piste. Supposant que la vitesse de rotation de la bille soit de $\omega = 5000 \text{ tr/min}$ et en sachant que la capacité calorifique massique de l'acier est de 460 J/kg/K et la masse volumique est de $7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, déterminer la température de la bille (on supposera qu'elle absorbe la moitié de la chaleur créée par frottement et qu'il n'y a aucun échange de chaleur avec l'extérieur) après une heure de fonctionnement. En déduire une contrainte technologique pour ce type d'utilisation.
7. Le coefficient de résistance au roulement δ est défini par la relation : $|\vec{M}_{C,0/1} \cdot \vec{x}| = \delta \cdot |\vec{F}_{0/1} \cdot \vec{y}|$. Déterminer δ .

Exercice 2 : Bride de serrage

La figure présentée ci-dessous propose un dispositif de bridage d'une pièce (P). Donner, en fonction de l'effort de serrage appliqué à la vis (supposé connu), les efforts de bridage sur la pièce par une méthode graphique.



Exercice 3 : Pont levi



On souhaite étudier les efforts sur un pont levi, représenté sur les figures ci-dessus.

1. Le pont levi est en position baissée, en appui sur le sol à ses extrémités A et B . Le pont levi pèse $M_P = 200 \text{ kg}$ et son centre de gravité G_P est au milieu du pont. Un homme solide de $M_H = 100 \text{ kg}$ est situé aux deux tiers du pont. Calculer analytiquement les efforts aux appuis A et B lorsque aucun effort n'est exercé sur le bras de levage.
2. L'homme tente maintenant de lever le pont en tirant sur le bras de levage. Déterminer graphiquement l'effort nécessaire ainsi que les efforts dans la pivot en A à l'instant où le pont se soulève en B .

Exercice 4 : Pince de robot

On considère la pince de robot dont le dessin est donné en annexe. La pince prend des pièces cylindriques 2 dans une goulotte et les place dans les mors d'une machine d'usinage.

La pince est actionnée par un vérin pneumatique, représenté à droite. La pression d'utilisation est de 6 bars (au dessus de la pression atmosphérique). Le diamètre de la tige vaut 16 mm et le diamètre interne du corps de vérin vaut 55 mm .

La tige de vérin est munie d'une double crémaillère qui transmet l'effort du vérin aux pièces 5 et 5'. Les dentures sont représentées en bas à droite et on suppose que les actions mécaniques transmises en A et A' sont normales au contact, c'est-à-dire inclinées de 20° (directions indiquées en traits mixtes).

En choisissant une série d'isollements, déterminer à l'aide des principes de la statique graphique les efforts en F et F' des doigts sur la pièces 2 en fonction de la pression dans le vérin et de la géométrie.

Exercice 5 : Arcboutement

On étudie le porte-palan ci-dessous (fig.2). La position en hauteur du bras est réglée par l'opérateur et ne fait l'objet d'aucun système particulier. Seuls les deux axes en A et B maintiennent le bras.

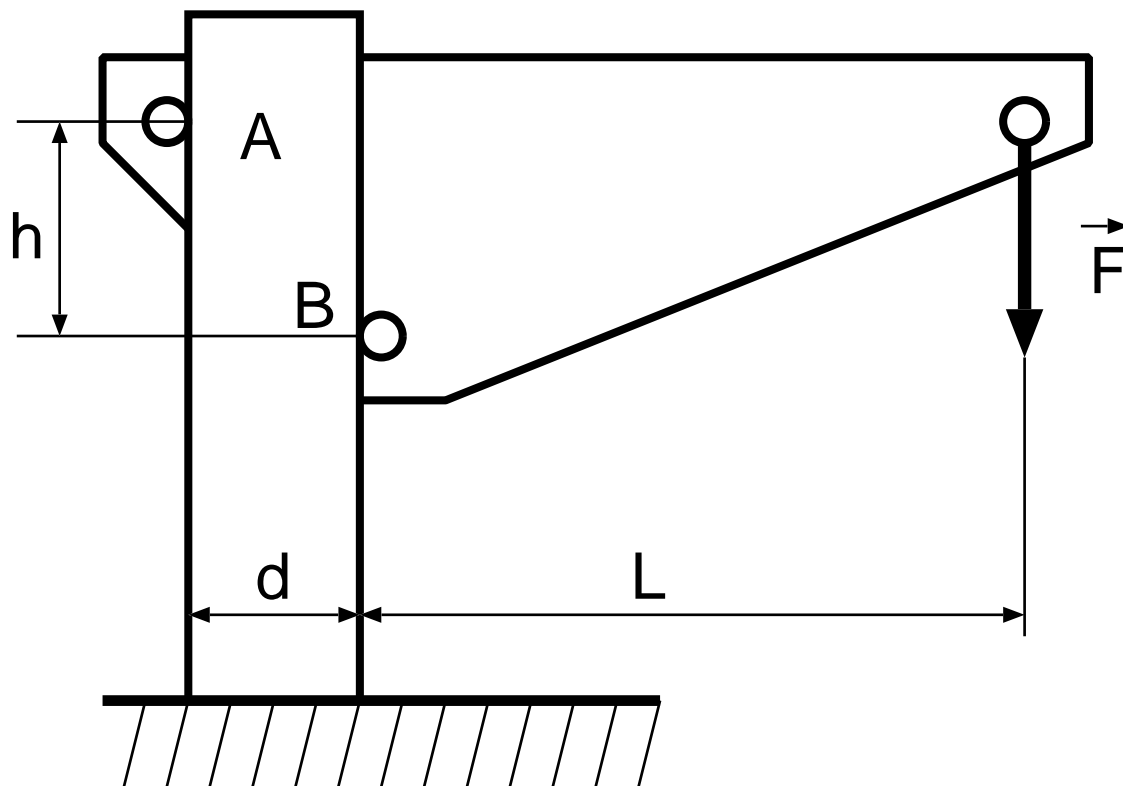
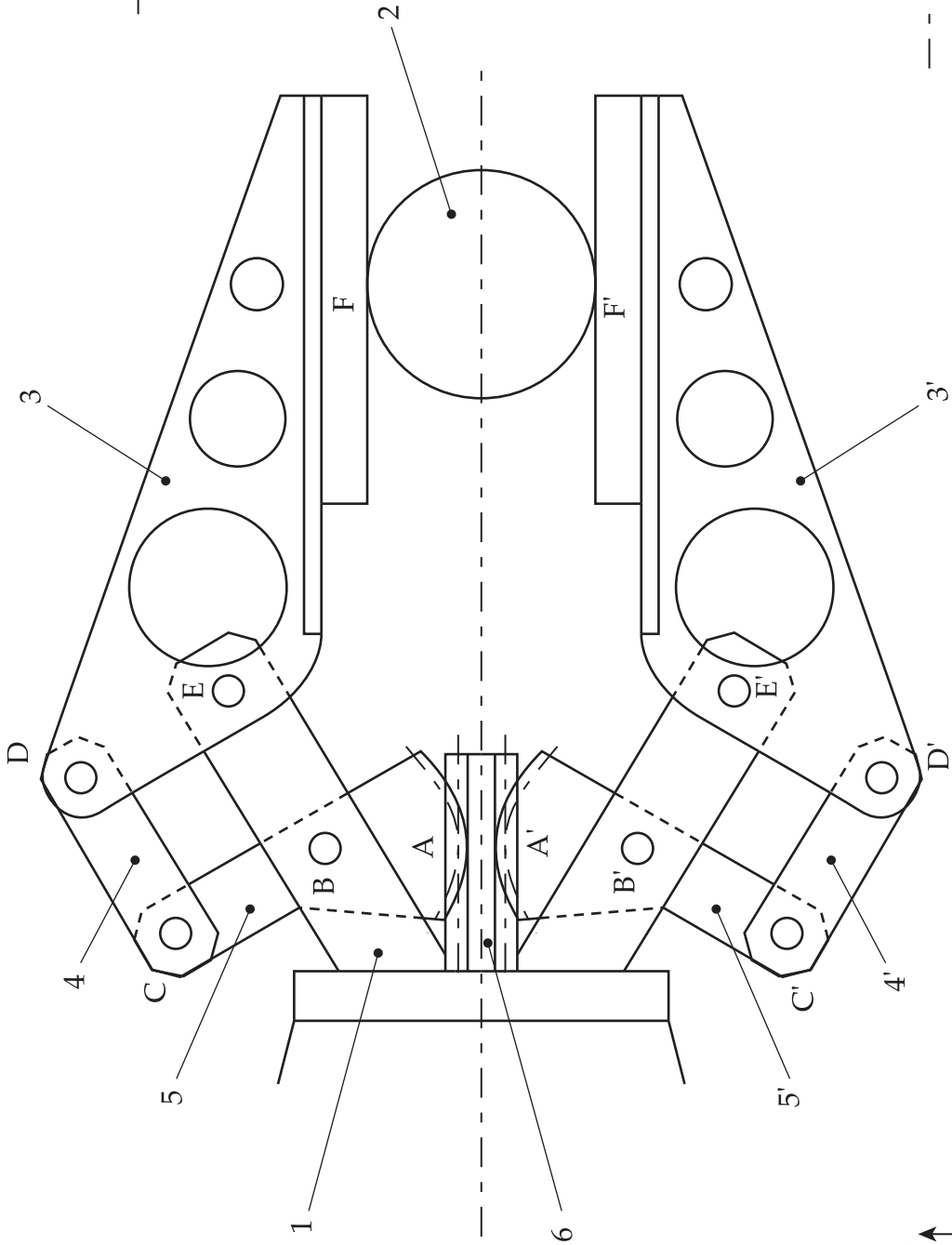
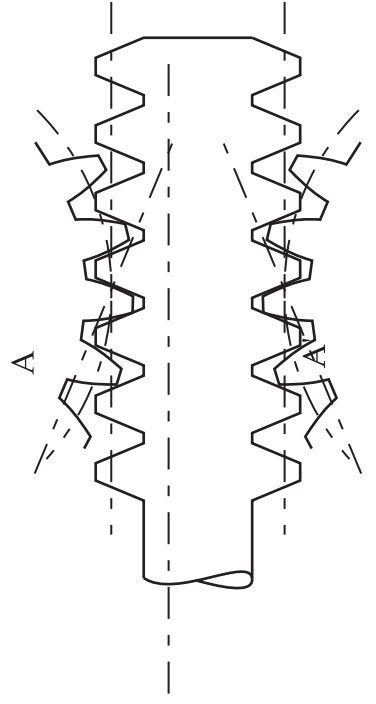
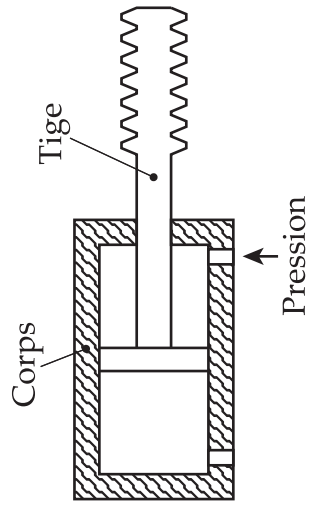
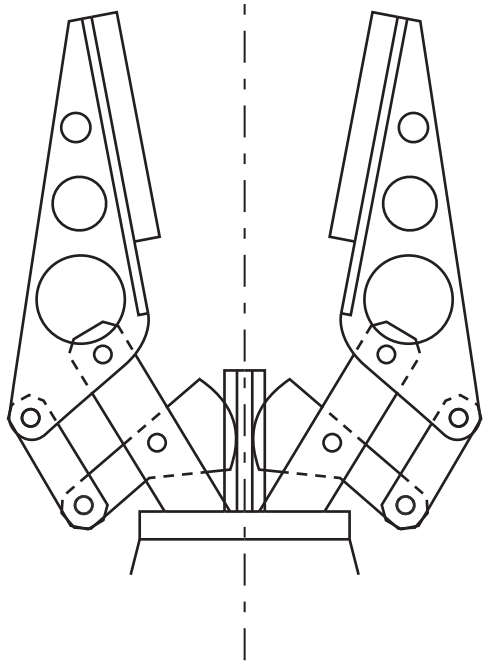


FIG. 2 – Porte palan.

1. Le système ci-dessous peut-il être à l'équilibre ? Si oui, comment ?
2. Le mécanisme est-il hyperstatique ? Quelles sont les inconnues hyperstatiques ?
3. En utilisant une méthode graphique, faire apparaître la longueur L_0 limite d'arcboutement. Pour cela, on considèrera les actions en A et B sur le cône de frottement (limite du glissement).
4. On utilise maintenant une méthode analytique. Pour un coefficient de frottement f et en considérant $\frac{f \cdot d}{h} \ll 1$, donner la longueur L_0 critique en dessous de laquelle le système n'est plus à l'équilibre. L_0 dépend-elle de la force $\|\vec{F}\|$? (On considèrera les actions en A et B sur le cône de frottement.)
5. On remarque que certains tiroirs se coincent souvent tandis que d'autres ne se coincent jamais. En s'inspirant du phénomène ci-dessus, proposer un modèle d'étude. Poser le problème de manière rigoureuse et le résoudre. Donner une conclusion aux résultats obtenus.



Pince de robot

