

## 9.9 Feuille de TD

### Exercice 1 - Vibreur de téléphone

Corrigé page ??

On considère un demi-disque homogène (D) de rayon  $R$ , d'épaisseur  $h$  et de masse volumique  $\rho$ .

On définit le repère  $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  tel que les plans  $O\vec{x}\vec{y}$  et  $O\vec{y}\vec{z}$  coupent le solide (D) en 2 parties égales (figure 9.19a).

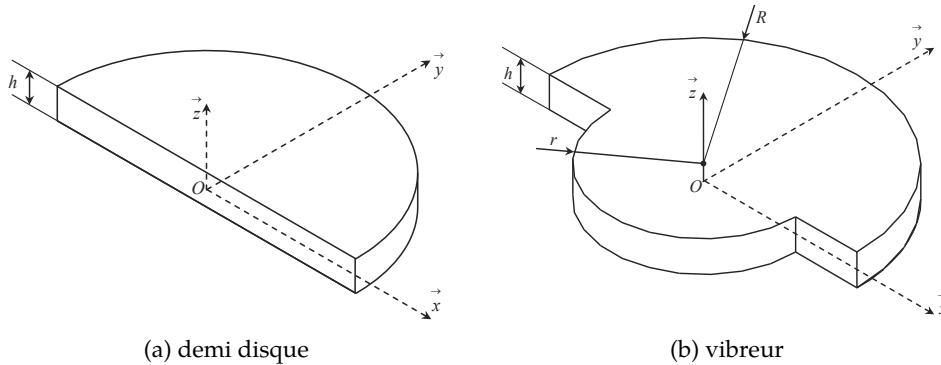


FIGURE 9.19 – Modélisation vibreur de téléphone

**Q1.** Déterminer la masse  $m$  du demi-disque (D) en fonction de  $R$ ,  $h$  et  $\rho$ .

**Q2.** Déterminer la position du centre de masse  $G$  du demi-disque (D) en fonction de  $R$ .

Un vibreur pour téléphone mobile consiste à faire tourner à grande vitesse un solide (S), d'épaisseur constante  $h$ , formé de deux demi-disques de rayon  $R$  et  $r = k \cdot R$  avec  $k < 1$  et accolés comme représenté sur la figure 9.19b. (S) et (D) présentent les mêmes plans de symétrie et (S) est un solide homogène de masse volumique  $\rho$ .

**Q3.** Déterminer la masse  $M$  du solide (S) en fonction de  $m$  et  $k$ .

**Q4.** Déterminer la position du centre de gravité  $G_s$  en fonction de  $R$  et  $k$ .

### Exercice 2 - Barrage voute

Corrigé page ??

#### A. Barrage voute

On considère maintenant un barrage voute (figure 9.20), le barrage a une forme demi cylindrique de rayon  $R$ , et de hauteur d'eau  $H$ .

Le barrage est en appui sur les cotés en  $A$  et  $B$ .

On note  $d\vec{F}_{e \rightarrow b}$  l'action élémentaire de l'eau sur un élément de surface  $ds$  du barrage.

La pression de l'eau sur le barrage dépend de la profondeur,  $p(h) = \rho \cdot g \cdot h$ .

On considère que l'origine du repère  $(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  est au centre de la voute et à la surface de l'eau.

**Q1.** préciser les coordonnées du point  $P$  de la surface en contact avec l'eau du barrage en coordonnées cylindrique

**Q2.** Déterminer  $d\vec{F}_{e \rightarrow b}$  en fonction de  $\vec{n}$ ,  $ds$ ,  $\rho$ , et  $z_p$  la coordonnée suivant  $\vec{z}$  de  $P$ .

**Q3.** Déterminer  $\vec{F}_{e \rightarrow b}$ , préciser les projections suivant  $\vec{x}$  et  $\vec{z}$ .

**Q4.** Déterminer le moment en  $O$  de l'action de l'eau sur le barrage.

**Q5.** Déterminer le point  $Q$  pour lequel l'action de l'eau sur le barrage est modélisable par un glisseur.

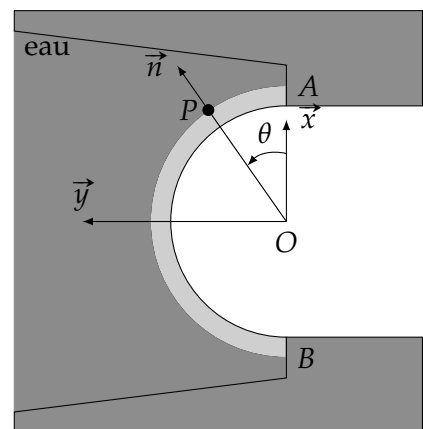


FIGURE 9.20 – Barrage voute

**Exercice 3 - Pince sensitive de robot**  
 TPE-1994

Corrigé page ??

**A. Présentation**

Le thème étudié est une pince de préhension montée à l'extrémité du bras d'un robot de manipulation. Cette pince est équipée de capteurs permettant le contrôle des efforts de serrage lors de la manipulation de pièces fragiles. La pince est constituée d'un bâti 0 et de deux mâchoires de saisie, 5 et 5', de forme adaptée aux pièces à saisir. Chacune de ces mâchoires appartient à un parallélogramme déformable. Ces deux parallélogrammes C, D, E, F et C', D', E', et F' sont identiques, disposés symétriquement et animés par la tige de commande 1. La puissance nécessaire au mouvement est fournie par un moteur électrique. Le mouvement de rotation de l'arbre moteur est transformé par une chaîne cinématique en mouvement de translation de la tige de commande 1.

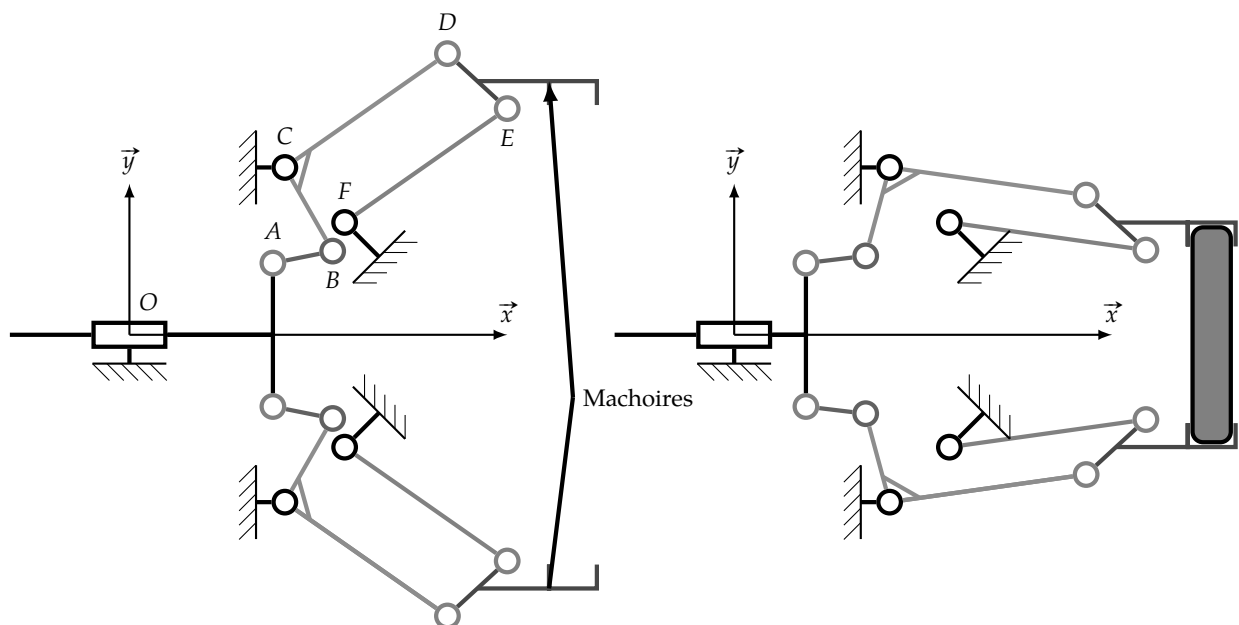


FIGURE 9.21 – Modélisation cinématique de la pince

**B. Étude du contact pièce / garniture de mâchoire**

La pince est dans cette étude configurée pour la saisie de pièces cylindriques, les mâchoires présentent une forme adaptée. Ces deux mâchoires sont équipées de garnitures en élastomère pour assurer le contact avec la pièce à manipuler. La figure ci-dessous représente la configuration de l'ensemble { Pièce-Garniture } en fin de serrage de la pince. Seule la garniture fixée sur la mâchoire supérieure y est représentée.

**Hypothèses :**

- La déformation de cette garniture, supposée seule se déformer, est alors limitée à la zone grisée.
- Le torseur des actions mécaniques de la pièce sur la garniture est un glisseur. Cette situation correspond à la transmission d'un effort purement radial de direction  $(C_2, \vec{y})$  entre pièce et garniture, soit :  $\overrightarrow{F_{pièce \rightarrow garniture}} = \overrightarrow{F_{p \rightarrow g}} = Y \cdot \vec{y}$  avec  $Y > 0$

**Données :** On définit :

- $\lambda$  dimension longitudinale de la garniture suivant la direction  $(C_2, \vec{y})$ ,
- $\varphi = (\vec{u}_1, \vec{u}_2)$ ,  $\theta = (\vec{y}, \vec{u}_2)$
- $\overrightarrow{C_2 C_1} = e \cdot \vec{y}$ ,  $\overrightarrow{PM} = \delta(\theta) \cdot \vec{u}_2$

- $e$  est petit devant  $R_1$  et  $R_2$ .
- la pression de contact en un point  $M$ ,  $p(M)$  qui est supposée proportionnelle à la déformation  $\delta(\theta)$  et on pose :  $p(M) = k \cdot \delta(\theta)$  la pression. Compte tenu des hypothèses énoncées, cette pression  $p(M)$  est constante le long d'une génératrice de contact. ( $p(M)$  indépendante de  $z$ ).
- on note  $\lambda$  l'épaisseur de la pince suivant  $\vec{z}$ .

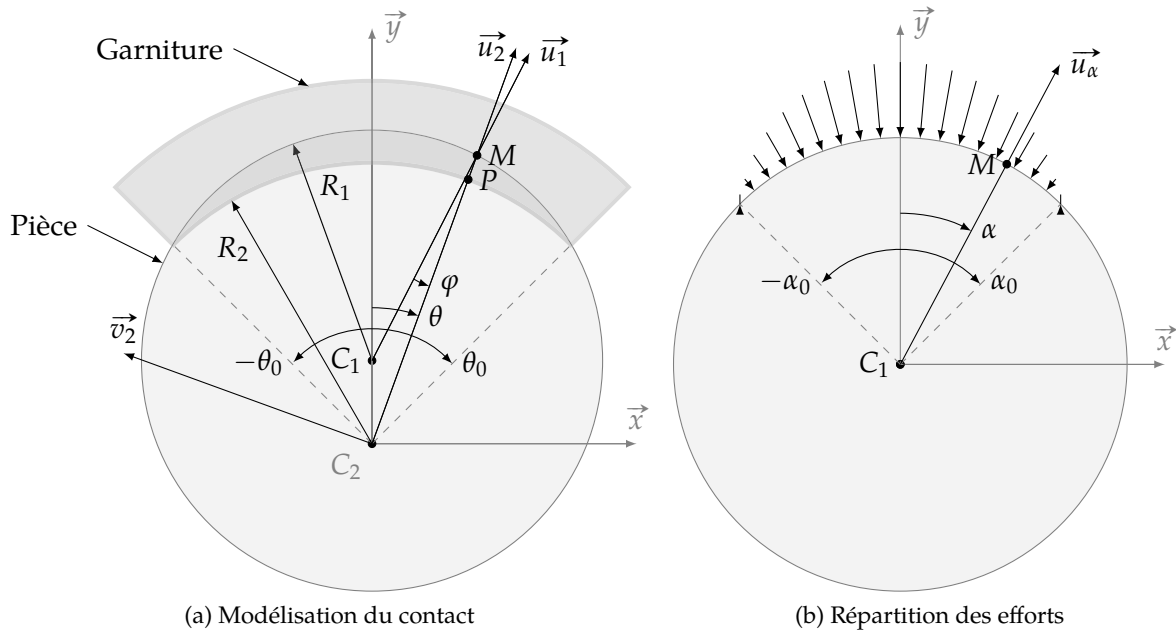


FIGURE 9.22 – Modélisation du contact entre la garniture et la pièce

**Q1.** Montrer que  $\delta(\theta)$  peut se mettre sous la forme :

$$\delta(\theta) = (R_2 - R_1) \cdot \left( \frac{\cos \theta}{\cos \theta_0} - 1 \right) \quad \text{avec} \quad \cos \theta_0 = \frac{R_2 - R_1}{\delta_{max} + R_2 - R_1} \quad \text{et} \quad \delta_{max} = \delta(\theta = 0)$$

Dans les conditions de chargement énoncées précédemment les essais et mesures réalisés sur, le matériel réel montrent que  $p(M)$  s'exprime sous la forme :

$$p(M) = p_{max} \cdot \frac{\cos \alpha_0 - \cos \alpha}{\cos \alpha_0 - 1} \quad \text{avec} \quad \alpha \in [-\alpha_0, \alpha_0]$$

**Q2.** Préciser en fonction de  $p(M)$  l'action élémentaire  $\overrightarrow{dF}_{\text{mâchoire} \rightarrow \text{pièce}}$  appliqué au point  $M$

**Q3.** Établir à l'aide du paramétrage donné par la figure ci-contre, la relation exprimant  $Y$  en fonction de  $p_{max}$ ,  $\lambda$ ,  $\alpha_0$  et  $R_1$ .

#### Exercice 4 - Freinage Airbus

CCP MP 2007

Corrigé page ??

Les disques de frein sont empilés les uns sur les autres, constituant ce qu'on appelle un "puits de chaleur" en raison de la température qu'ils peuvent atteindre : jusqu'à 3 000°C pour un avion freiné à pleine vitesse!

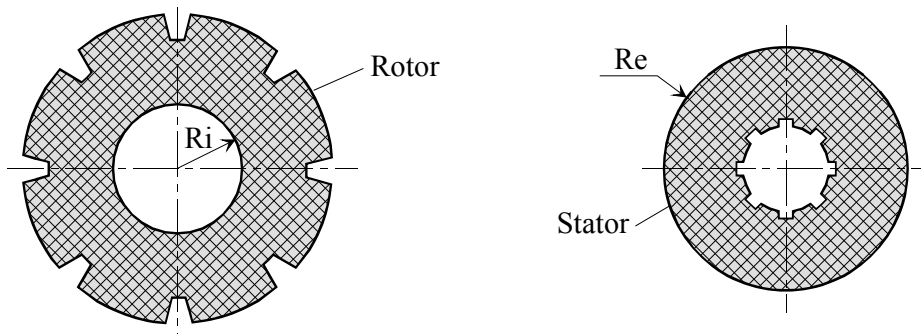


FIGURE 9.23 – Disques de frein

La moitié de ces disques est solidaire de la roue (ou jante) et tourne avec elle, ce sont les rotors; l'autre moitié est solidaire de l'avion par l'intermédiaire de l'essieu et ne tourne pas, ce sont les stators. Ils sont montés en alternance. Ce sont ainsi les frottements des disques les uns sur les autres qui assurent le freinage.

Les disques de friction sont en carbone pour des raisons de température de fonctionnement et de légèreté. Le premier disque sur lequel agissent les pistons à l'origine des efforts presseurs est un stator solidaire de l'essieu. La figure montre une solutions de montage.

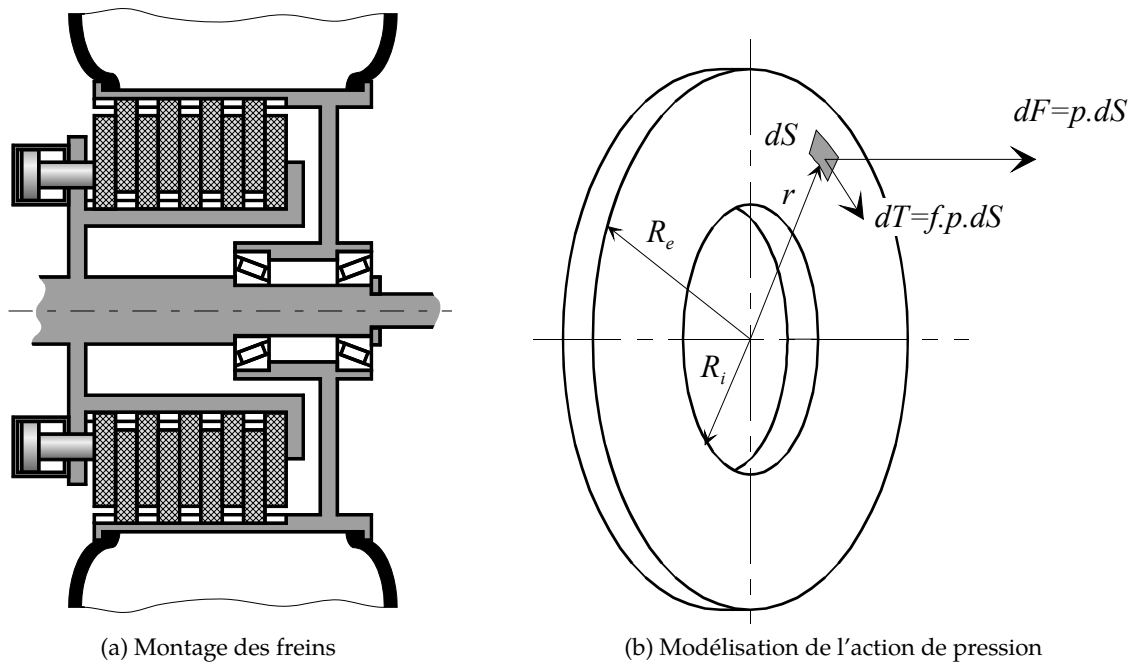


FIGURE 9.24 – Frein de l'airbus

On note :

- $P_h$  : pression hydraulique d'alimentation des pistons,
- $p$  : pression supposée uniforme entre les deux faces des disques en contact,
- $S_p$  : section d'un piston,
- $N_p$  : nombre de pistons actifs,
- $N_d$  : nombre de disques (stator + rotor) par roue,
- $F$  : effort presseur délivré par l'ensemble des pistons actifs,
- $R_i$  et  $R_e$  : respectivement rayons intérieurs et extérieurs des parties actives des disques de friction,
- $f$  : coefficient de frottement de glissement entre les disques.

**Q1.** Exprimer l'effort presseur  $F$  auquel est soumis chaque face des disques de friction en fonction de  $P_h$ ,  $S_p$  et  $N_p$ .

**Q2.** En déduire l'expression de la pression  $p$ , supposée uniforme, entre deux disques en contact.

On considère un élément de surface  $dS$  situé sur un rotor à une distance  $r$  ( i e  $R < r < R$  ) de l'axe de la roue (voir Figure 9.24b).

**Q3.** Démontrer, en s'aidant des indications de la Figure 6, que la contribution au couple de freinage de deux surfaces en regard est donnée par l'expression :

$$C = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot f \cdot p \cdot (R_e^3 - R_i^3)$$

**Q4.** Déterminer  $C$  en fonction de l'effort  $F$  développé par les pistons.

**Q5.** En déduire le couple total  $C_T$  exercé par les  $N_d$  disques du système de freinage d'une roue en fonction de  $P_h$  et des données géométriques et de frottement.