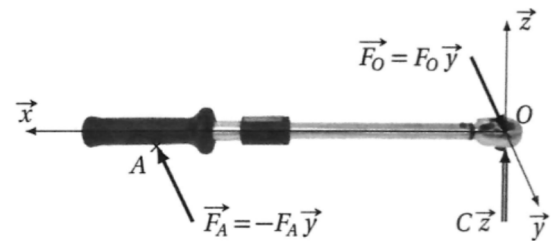




MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES

1 Clé dynamométrique



Dans certaines industries (aéronautique, automobile, etc.), le serrage des boulons doit être calibré. Il doit être suffisamment serré pour supporter des actions mécaniques sans faire apparaître de jeu, mais limité pour éviter une déformation plastique du boulon ou une rupture prématurée par fatigue. Une clé dynamométrique permet de serrer des écrous à une valeur de serrage précise (affichée sur un cadran).

Cahier des charges Fonction de service FS1 : permettre à l'utilisateur de serrer l'écrou, avec critère de couple de serrage possédant un niveau $C_{\max i} = 50\text{Nm}$.

Objectif

Montrer que le dimensionnement de la clé dynamométrique est adapté à un serrage manuel.

L'action mécanique de l'utilisateur sur la clé dynamométrique est modélisée par une forme \vec{F}_A appliquée au point A et une force \vec{F}_O appliquée au point O. L'action mécanique de l'écrou (qui est serré) sur la clé est modélisée par un couple $C \cdot \vec{z}$. On pose $\vec{OA} = l_1 \cdot \vec{x} + l_2 \cdot \vec{y}$ avec $l_1 = 30\text{ cm}$ et $l_2 = 1,5\text{ cm}$

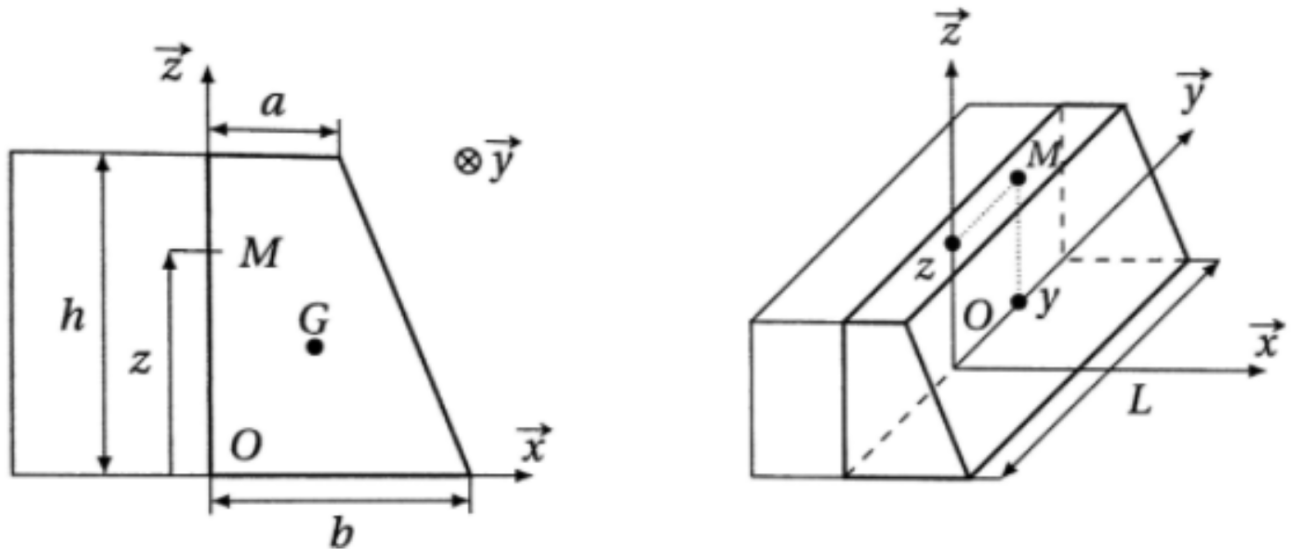
- **Q1** Exprimer les torseurs de toutes les actions mécaniques au point O.
- **Q2** En utilisant le fait qu'en statique, la somme de tous les torseurs des actions mécaniques agissant sur la clé est nulle, déterminer la relation entre C et F_A .
- **Q3** Déterminer l'effort maximal que l'utilisateur doit fournir pour atteindre les capacités maximales de la clé et conclure quant au bon dimensionnement de la clé dynamométrique.

2 Barrage

Un barrage permet de réguler le débit d'eau dans un fleuve et de créer de l'électricité. Sa structure Cahier des charges Fonction de service FS4 : résister à l'eau dont l'un des critères est : la force exercée par l'eau possède un niveau inférieur à $8 \cdot 10^8$ N.

— Objectif —

Vérifier le niveau du critère proposé pour la fonction FS4. Pour simplifier l'étude, le barrage est considéré droit (ou plan) de longueur L suivant la direction \vec{y} . L'eau est contenue dans le demi-plan $x < 0$.



L'eau exerce sur la paroi verticale du barrage une action mécanique de pression hydrostatique au point M définie par la relation $p(z) = p_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot (h - z)$, avec $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ masse volumique de l'eau, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ accélération de la pesanteur, z altitude du point M par rapport au point O . Les coordonnées du point M sont $\vec{OM} = y \cdot \vec{y} + z \cdot \vec{z}$. Les dimensions caractéristiques du barrage sont $h = 20 \text{ m}$ et $L = 130 \text{ m}$.

- Q4 Définir l'action mécanique élémentaire exercée par l'eau sur le barrage au point M .
- Q5 Déterminer, au point O , le torseur de l'action mécanique élémentaire (appliquée en M) de l'eau sur le barrage.
- Q6 Déterminer les éléments de réduction, au point O , du torseur des actions mécaniques de l'eau sur l'ensemble du barrage.
- Q7 Montrer que ce torseur est un glisseur et rechercher son axe central.
- Q8 Conclure quant au niveau du critère du cahier des charges.

3 Machine de traction

La machine électromécanique de traction/compression est conçue pour être utilisée dans de nombreuses applications d'essais de matériaux et de structures. Elle permet de réaliser des essais de traction, de compression, de flexion, etc.

On veut utiliser cette machine pour réaliser des tests de fatigue et/ou de cisaillement sur différents types d'axes et goupilles cylindriques appelés éprouvettes. Ces éprouvettes sont réalisées en différents matériaux. Leur diamètre peut varier de 3 à 6 mm.

Les flasques et les noix sont interchangeables. Leur diamètre extérieur D est donc le même pour tous les flasques et toutes les noix alors que leur diamètre intérieur d est fonction du diamètre des éprouvettes.



— Objectif —

Vérifier si le critère de pression maximale de la zone de contact entre la noix et le montage d'essais reste inférieure à une pression maximale P_{\max} admissible pour le montage d'essais

En effet, le montage d'essais doit permettre de solliciter des centaines de goupilles avec des milliers de cycles pour chaque goupille. Ces chargements cycliques peuvent entraîner une détérioration du montage d'essais, même sous une faible sollicitation.

Pour cela, il est nécessaire d'avoir le modèle global de l'action mécanique exercée entre la noix et le montage d'essais.

Principe de l'essai 1. L'éprouvette à tester est placée dans le montage d'essais. 2. La traverse est déplacée afin d'appliquer le chargement souhaité sur l'éprouvette. 3. Les résultats enregistrés (déplacement de la traverse, déformation de l'éprouvette, effort appliqué ...) sont analysés et post-traités afin d'obtenir les grandeurs souhaitées. Le modèle de répartition de pression P_a , entre la noix et la pièce A est :

- uniforme pour $\theta \in \left[-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2}\right]$;
- nul pour $\theta \in \left[\frac{\pi}{2}, +\frac{3\pi}{2}\right]$;
- uniforme suivant \vec{x} ;
- la répartition de pression est normale à la surface de contact cylindrique.

Données :

- $d\vec{F}_{\text{noix} \rightarrow A} = p_a \cdot dS \cdot \vec{n}$ avec $p_a = \text{constante}$
- $\vec{OM} = x \cdot \vec{x} + R \cdot \vec{n}$ avec $x \in [-L, L]$ et $R = \frac{D}{2}$
- $R = 1,5 \text{ cm}$ $L = 2 \text{ cm}$ $F_{\max} = 10 \text{ kN}$ $P_{\max} = 10 \text{ MPa}$.

Modèle local Les coordonnées cylindriques sont choisies pour ce problème avec $dS = R \cdot d\theta \cdot dx$. La base orthonormée directe associée aux coordonnées cylindriques est $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

Q9 Donner en fonction de p_a et de dS , le torseur de l'action mécanique élémentaire exercée par la noix sur la pièce A en M , puis en O , dans la base la plus simple.

Q10 Donner ce torseur des actions mécaniques élémentaires au point O dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.



Modèle global

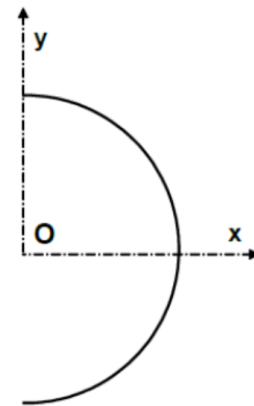
- Q11** Par intégration, donner alors le torseur de l'action mécanique globale exercée par la noix sur la pièce A dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.
- Q12** De quel type est ce torseur ? Que dire quant à sa résultante ? Pourquoi ce résultat était prévisible (justifiez les 0 du torseur et l'expression de la résultante) ?
- Q13** Déterminer la pression p_a en fonction de l'effort F appliqué par le montage d'essais et la géométrie. Réaliser l'application numérique lorsque l'effort maximal est appliqué et vérifier le critère de pression maximale.

4 Pour s'entraîner

4.1 Demi-cercle

Soit une demi-circonférence de rayon R , de centre O et de masse linéique ρ .

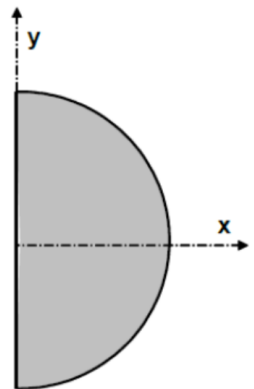
- Q14** Déterminer en O le torseur des actions mécaniques exercées par la pesanteur sur la demicirconférence.
- Q15** Déterminer la position du centre de gravité G .



4.2 Demi-disque

Soit un demi-disque de rayon R , de centre O et de masse surfacique ρ .

- Q16** Déterminer en O le torseur des actions mécaniques exercées par la pesanteur sur la demi-disque.
- Q17** Déterminer la position du centre de gravité G .



4.3 Demi-sphère

Soit une demi-sphère de rayon R , de centre O et de masse volumique ρ .

- Q18** Déterminer en O le torseur des actions mécaniques exercées par la pesanteur sur la demi-sphère.
- Q19** Déterminer la position du centre de gravité G .

