

## Question de cours – Traction ★

**Question 1** Donner la définition de la contrainte en traction, la loi de Hooke et exprimer l'allongement.

**Question 2** Tracer le champ de contrainte en traction pour une poutre de section circulaire et pour une poutre creuse de section circulaire.

**Question 3** Donner l'allongement maximal à la limite de la rupture d'un hauban en acier de diamètre 50 mm et de longueur 10 m. Donner aussi l'effort maximal dans le câble. Vous donnerez des ordres de grandeur des caractéristiques de l'acier.

**Question 4** En assimilant le câble à une tige métallique, quelle serait sa diminution de diamètre ?

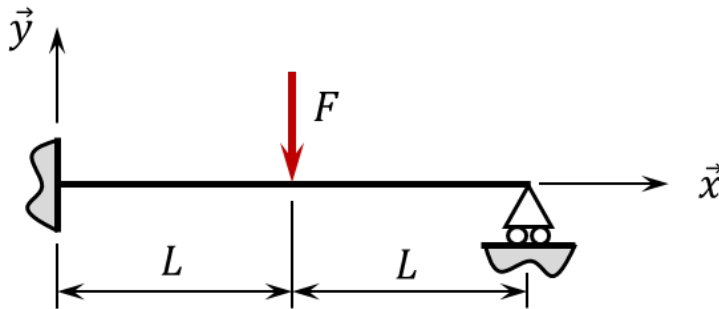
02 RDM

Pas de corrigé pour cet exercice.

Corrigé voir .

## Poutre encastrée ★

On donne la poutre suivante.



**Question 1** Déterminer l'expression de la contrainte.

**Question 2** Déterminer l'expression de la déformée.

**Question 3** Déterminer l'inconnue hyperstatique.

05 RDM

D'après documents Emmanuel BI-GEARD.

Pas de corrigé pour cet exercice.

- ▶  $p = 0,5 \text{ N m}^{-1}$  ;
- ▶  $I_{Gz} = 801\,400 \text{ mm}^4$  ;
- ▶  $E = 200\,000 \text{ MPa}$  ;
- ▶  $G = 80\,000 \text{ MPa}$  ;
- ▶  $L = 1 \text{ m}$ .

Corrigé voir ??.



## Question de cours – Torsion ★

**Question 1** Donner la définition de la contrainte en torsion, la relation entre la contrainte et déformation, et la relation entre effort et déformation.

**Question 2** Donner la définition du moment quadratique polaire. Calculer  $I_G(S)$  pour une poutre creuse de section circulaire (grand rayon  $R$  et petit rayon  $r$ ).

**Question 3** Tracer le champ de contrainte dans chacune des deux sections.

Soit la barre de torsion ci-contre encastrée en  $O$ . On a  $\overrightarrow{M}(P, \text{ext} \rightarrow \text{poutre}) = C \vec{x}$ . On donne  $C = 10 \text{ Nm}$ ,  $D = 10 \text{ mm}$  et  $L = 100 \text{ mm}$ .

**Question 4** Déterminer la contrainte tangentielle maximale au sein de la poutre.

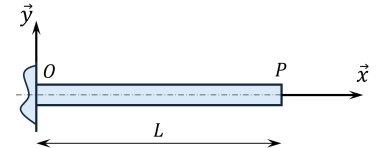
**Question 5** Déterminer l'angle de torsion entre le point  $O$  et le point  $P$ .

**Question 6** Déterminer l'angle de torsion entre le point  $O$  et le point  $P$  pour une barre creuse dont le diamètre intérieur est de  $5 \text{ mm}$ .

**Question 7** Donner la différence de masse, de contrainte et d'angle de torsion entre les deux barres.



Pas de corrigé pour cet exercice.



Corrigé voir .

## Passerelle★

On s'intéresse au dimensionnement des haubans (2) permettant de maintenir en équilibre une passerelle. On modélise la charge sur le pont comme une charge linéique  $c$ . On note  $L = AB = BC$ . On note  $\ell = BD$ .

### Détermination du torseur de cohésion

**Question 1** Réaliser le paramétrage du problème.

**Question 2** Déterminer les actions mécaniques dans les liaisons.

**Question 3** Déterminer le torseur de cohésion dans les poutres (1) et (2).

**Question 4** Tracer les diagrammes des sollicitations.

### Déformation du hauban et déplacement de la structure

On considère ici que le pont (1) est indéformable, mais que le hauban (2) est déformable.

**Question 5** Déterminer l'allongement du câble.

**Question 6** En faisant l'hypothèse que la rotation de la passerelle en  $A$  est « petite », déterminer le déplacement du point  $B$  puis du point  $C$ .

## Moment quadratique

La section de la passerelle est donnée figure suivante.

**Question 7** Déterminer le moment quadratique en  $O$  par rapport à  $\vec{y}$  puis par rapport à  $\vec{z}$ .



Pas de corrigé pour cet exercice.



FIGURE 1 – Passerelle réelle

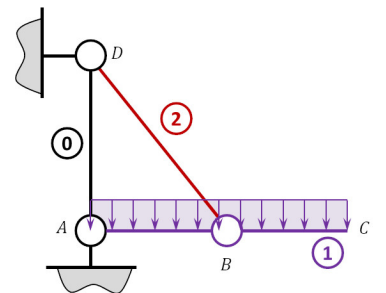


FIGURE 2 – Modèle choisi

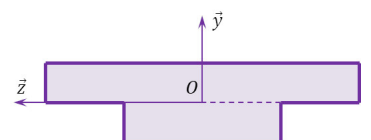


FIGURE 3 – Section de la passerelle

Corrigé voir 7.



## Question de cours – Flexion ★

**Question 1** Donner la définition de la contrainte en flexion et l'équation de la déformée. Donner la contrainte de cisaillement.

**Question 2** Donner la définition du moment quadratique. Calculer  $I_{Gz}(S)$  pour une poutre creuse de section circulaire (grand rayon  $R$  et petit rayon  $r$ ).

**Question 3** Tracer le champ de contrainte dans une poutre creuse de section circulaire en flexion simple.

Dans le chargement ci-contre, on donne  $L = 10$  m,  $F = 1000$  N. La poutre est creuse, de section cylindrique est de diamètre 10 mm.

**Question 4** Déterminer le torseur de cohésion dans la poutre.

**Question 5** Déterminer la contrainte normale maximale.

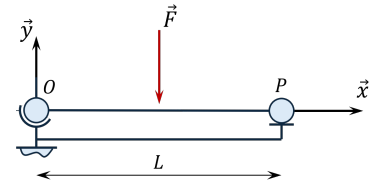
**Question 6** Donner l'équation de la déformée et la représenter.

**Question 7** Déterminer la flèche maximale de la poutre.

**Question 8** La poutre est remplacée par une poutre cylindrique à une poutre creuse de diamètre extérieur 10 mm et de diamètre intérieur de 5 mm.

04 RDM

Pas de corrigé pour cet exercice.



Corrigé voir 7.

## Banc d'essai de Boîte de Transfert Principale d'hélicoptère★

On s'intéresse à la conception d'un banc d'essai de boîte de transfert principale d'hélicoptère.

### Objectif

- Dimensionner l'arbre en sortie de la BTP qui fera la jonction avec le banc d'essai.
- Déterminer les roulements qui assureront la liaison entre l'arbre 1 et le support S.
- Concevoir la liaison pivot entre l'arbre de sortie et le bâti.

Dans le cadre d'un essai de la BTP, les pales ne sont pas utilisées. Il est donc nécessaire de concevoir un arbre de sortie qui doit faire office de rotor principal. Cet arbre de sortie devra supporter des efforts équivalents à ceux engendrés par les efforts aérodynamiques. L'accouplement avec le reste du banc d'essai doit permettre de fournir un couple résistant. Par ailleurs, des vérins permettent de générer l'effort de portance. Une modélisation de l'arbre de sortie de la BTP est présentée sur la figure suivante.

On considère un essai dans lequel l'arbre 1 est sollicité par un effort généré par le vérin V1. On fait les hypothèses suivantes :

- l'action du vérin  $V_1$  sur l'arbre 1 est transmise par l'intermédiaire du support S. L'action du vérin sur le support S est modélisable par un glisseur passant par le point D :  $\vec{R}(V_1 \rightarrow S)$  avec  $F_v = 80\,000$  N ;
- l'action de la BTP sur l'arbre 1 est un couple  $\vec{M}(A, BTP \rightarrow 1) = C_1 \vec{z}$  avec  $C_1 = 4100$  Nm ;
- on considère que les liaisons en A et B sont parfaites, l'accouplement permet donc de transmettre le couple fourni par la BTP ;

05 RDM

Pas de corrigé pour cet exercice.

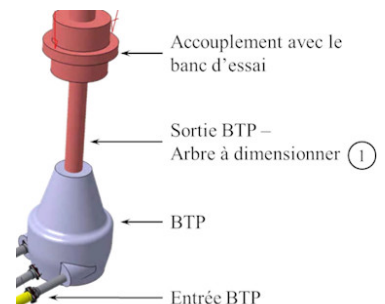


FIGURE 4 – Vue 3D de la BTP et du banc d'essai (système de mise en effort non représenté)

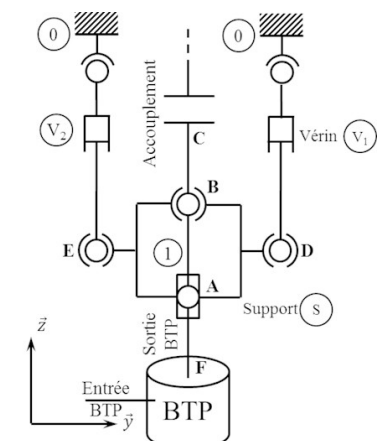


FIGURE 5 – Schéma d'architecture de la sortie de la BTP

- la pesanteur est négligée.

On a :

- $\overrightarrow{AB} = l\overrightarrow{z}$  avec  $l = 200$  mm ;
- $\overrightarrow{BD} = L\overrightarrow{y} - \frac{l}{2}\overrightarrow{z}$  avec  $L = 300$  mm.

## Dimensionnement de l'arbre

### Objectif

Déterminer le diamètre minimal de l'arbre et son matériau.

La modélisation retenue pour déterminer le diamètre de l'arbre est la suivante :

- l'arbre est modélisé par une poutre cylindrique de révolution de longueur  $H$ . Une section de la poutre est repérée par l'abscisse  $z$  suivant l'axe  $(C, \overrightarrow{z})$ . On note  $\overrightarrow{CG} = z\overrightarrow{z}$  ;
- l'action des vérins est modélisée par un seul effort :  $F_v\overrightarrow{z}$  ;
- le couple moteur est modélisé par un moment :  $C_1\overrightarrow{z}$ .

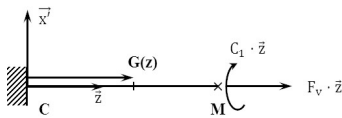


FIGURE 6 – Modélisation des efforts sur l'arbre de sortie de la BTP

**Question 1** Exprimer le torseur de cohésion en chaque section de la poutre. À quel(s) type(s) de sollicitation(s) l'arbre est-il soumis ?

On considère que l'arbre n'est soumis qu'à de la torsion pure. On note :

- $\tau_{\text{Max}}$  : la contrainte tangentielle de cisaillement maximale en MPa ;
- $I_0$  : le moment quadratique polaire en  $\text{mm}^4$  ;
- $d$  : le diamètre de l'arbre en mm.

On note :

- $K$  : coefficient dépendant du type de matériau ;
- $R_e$  : limite élastique à la traction (en MPa) ;
- $s$  : coefficient de sécurité.

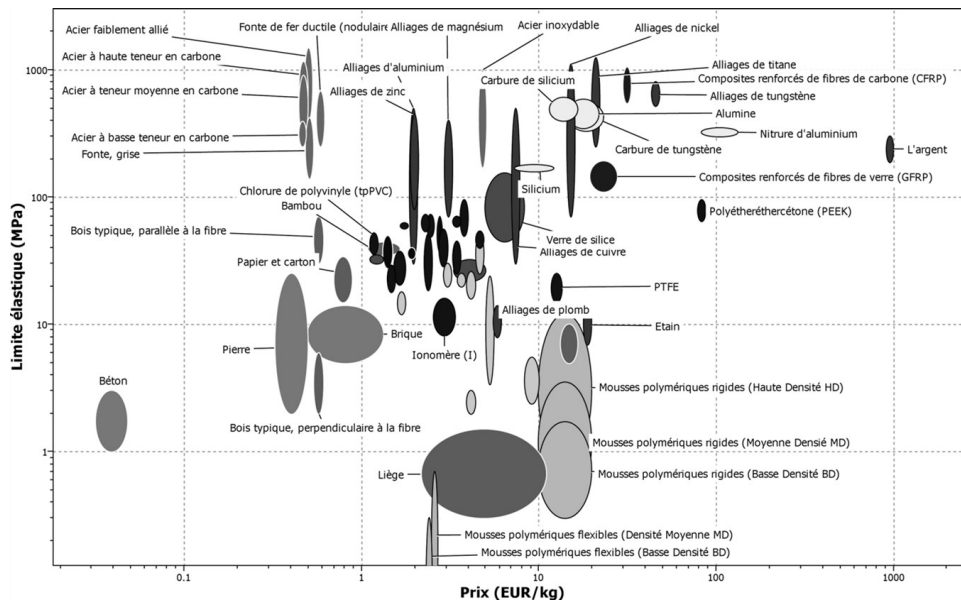
La condition de résistance en torsion peut éventuellement s'écrire  $\tau_{\text{max}} < \frac{KR_e}{s}$ .

Famille de matériaux	Pourcentage de carbone	K
Aciers	Inférieur à 0,2 %	0,5
	Entre 0,2 % et 0,32 %	0,6
	Entre 0,32 % et 0,45 %	0,7
	Entre 0,45 % et 1,7 %	0,8
Fonte	Supérieur à 1,7 %	Entre 0,77 et 1

**Question 2** On recommande un coefficient de sécurité  $s = 1,2$ . À partir des données précédentes, exprimer de manière littérale quel doit être le diamètre minimum de l'arbre.

**Question 3** En utilisant l'annexe, donner une liste des matériaux présentant le meilleur compromis prix - résistance élastique.

**Question 4** On choisit un acier dont la teneur en carbone est comprise entre 0,32% et 0,45%. On prendra  $R_e = 1000$  MPa . Déterminer le diamètre de l'arbre.



Corrigé voir 8.

