

## Colle 01

## Torseur de cohésion

## Cours

En flexion, donner la forme du torseur de cohésion, l'expression de la contrainte et l'équation de la déformée. Vous vous appuyerez sur un schéma dans chacun des cas.

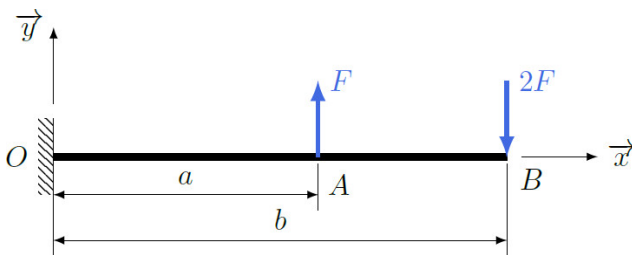
Donner le moment quadratique par rapport à l'axe  $(G, \vec{z})$  d'une poutre de section carrée.

## Exercice 1 – Poutre encastrée \*

D'après documents Emmanuel BIGEARD.

**Pas de corrigé pour cet exercice.**

On donne la poutre encastrée suivante.



**Question 1** Déterminer le torseur de cohésion.

**Question 2** Identifier les sollicitations auxquelles est soumise la poutre.

**Question 3** Tracer les diagrammes des efforts intérieurs.

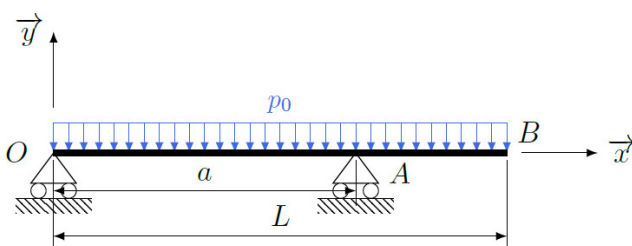
Corrigé voir 1.

## Exercice 2 – Poutre sur appuis \*

D'après documents Emmanuel PINAULT-BIGEARD.

**Pas de corrigé pour cet exercice.**

On donne la poutre encastrée suivante.



**Question 1** Déterminer le torseur de cohésion.

**Question 2** Identifier les sollicitations auxquelles est soumise la poutre.

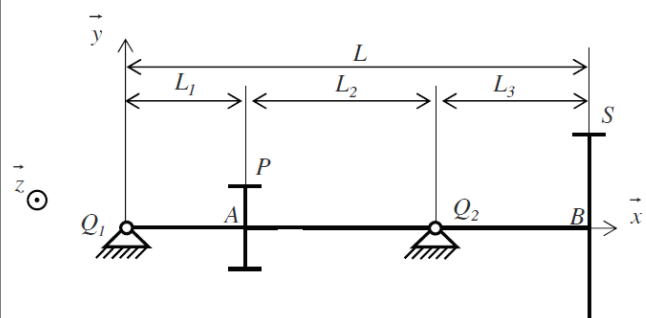
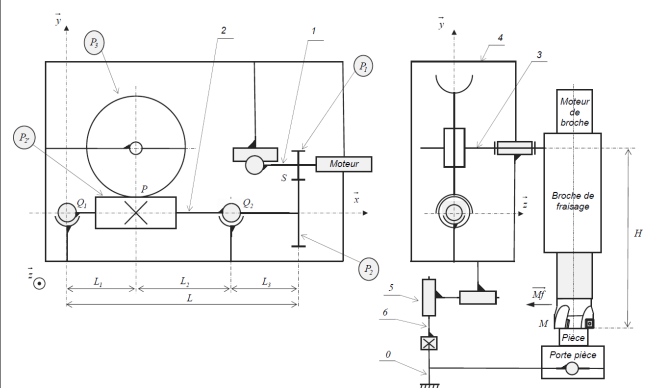
**Question 3** Tracer les diagrammes des efforts intérieurs.

Corrigé voir 2.

## Exercice 3 – Broche de fraisage \*

**Pas de corrigé pour cet exercice.**

La figure suivante verso illustre la cinématique permettant la rotation d'une broche de fraisage sur un centre d'usinage multi-axes. On s'intéresse en particulier à l'arbre intermédiaire 2. Celui-ci est modélisé par une poutre de diamètre  $D$  et de longueur utile  $L$ . Les variations de diamètres seront négligées.



Les points  $A$  et  $B$  sont les centres d'inertie géométriques des sections droites contenant respectivement les points  $P$  et  $S$ . En considérant la composante  $A_{32}$  des efforts de la roue sur la vis dans le sens  $\vec{x}$  positif, les torseurs des actions mécaniques extérieures qui s'exercent sur l'arbre intermédiaire 2, dans la base  $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ ,

$$\text{sont : } \{\mathcal{T}(4 \rightarrow 2)\}_1 = \begin{Bmatrix} X_{Q_1} & 0 \\ Y_{Q_1} & 0 \\ Z_{Q_1} & 0 \end{Bmatrix}_{Q_1}, \quad \{\mathcal{T}(4 \rightarrow 2)\}_2 = \begin{Bmatrix} X_{Q_2} & 0 \\ Y_{Q_2} & 0 \\ Z_{Q_2} & 0 \end{Bmatrix}_{Q_2}, \quad \{\mathcal{T}(3 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} A_{32} & 0 \\ -R_{32} & 0 \\ T_{32} & 0 \end{Bmatrix}_P, \quad \{\mathcal{T}(1 \rightarrow 2)\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -R_{12} & 0 \\ -T_{12} & 0 \end{Bmatrix}_S.$$

**Question 1** Proposer une méthode permettant de déterminer l'expression du torseur des efforts intérieurs au centre d'inertie de chaque section droite.

**Question 2** Mettre en œuvre cette méthode pour déterminer le torseur de cohésion.

**Question 3** Tracer les diagrammes des sollicita-

tions en fonction de l'abscisse du centre d'inertie de la section droite.

### Torsion de l'arbre intermédiaire 2

Le module de Coulomb du matériau utilisé est :  $G = 80\,000 \text{ MPa}$ .

**Question 4** Déterminer l'expression, en fonction de  $T_{12}$ ,  $d_2$ ,  $G$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  et  $\theta_{\text{lim}}$ , du diamètre minimum  $D_{\text{min}}$  de l'arbre 2, pour que le déphasage  $\theta$  des sections passant par le point  $P$  et par le point  $S$  soit inférieur à la valeur limite  $\theta_{\text{lim}}$ .

**Question 5** Dans le système étudié, le constructeur souhaite  $\theta_{\text{lim}} = 0,1^\circ$ . Donner la valeur numérique de  $D_{\text{min}}$ .

**Question 6** Du fait de l'existence de ce déphasage de sections et vis-à-vis du système étudié, quelle est le meilleur emplacement pour positionner le capteur de position. Doit-on le positionner sur le moteur ou sur la broche elle-même? Justifier brièvement votre réponse.

Corrigé voir 3.

Lien vers le corrigé :



## Colle 02

## Torseur de cohésion

## Cours

En torsion, donner la forme du torseur de cohésion, l'expression de la contrainte et l'équation de la déformation angulaire. Vous vous appuyerez sur un schéma dans chacun des cas.

Donner le moment quadratique par rapport à l'axe  $(G, \vec{z})$  d'une poutre de section circulaire.

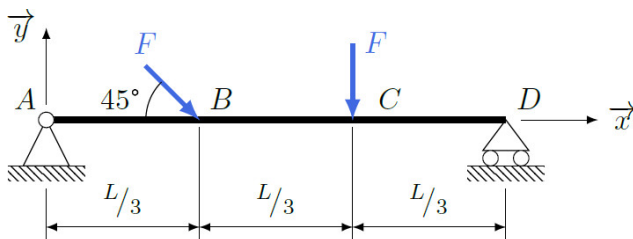
## Exercice 4 – Poutre encastrée \*



D'après documents Emmanuel BIGEARD.

## Pas de corrigé pour cet exercice.

On donne la poutre encastrée suivante.



**Question 1** Déterminer le torseur de cohésion.

**Question 2** Identifier les sollicitations auxquelles est soumise la poutre.

**Question 3** Tracer les diagrammes des efforts intérieurs.

Corrigé voir 4.

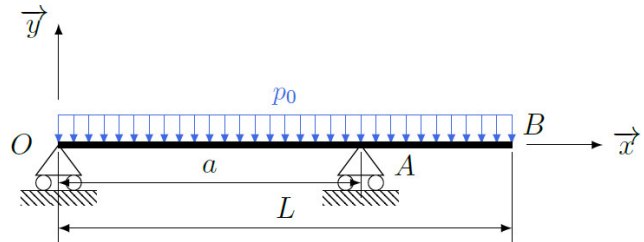
## Exercice 5 – Poutre encastrée \*



D'après documents Emmanuel PINAULT-BIGEARD.

## Pas de corrigé pour cet exercice.

On donne la poutre encastrée suivante.



**Question 1** Déterminer le torseur de cohésion.

**Question 2** Identifier les sollicitations auxquelles est soumise la poutre.

**Question 3** Tracer les diagrammes des efforts intérieurs.

Corrigé voir 5.

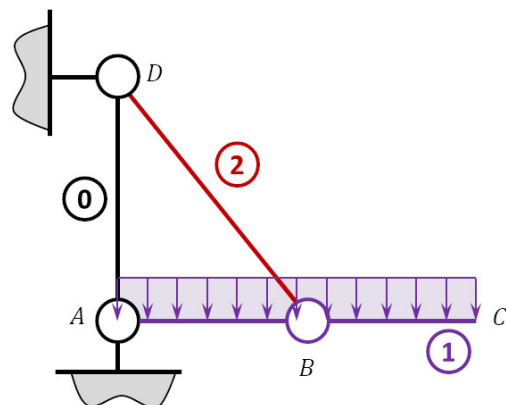
## Exercice 6 – Passerelle\*



## Pas de corrigé pour cet exercice.



Passerelle réelle



### Modèle choisi

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  $c$ .

### 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.

Lien vers le corrigé :

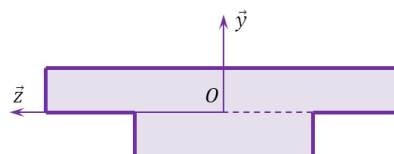


**Question 5** Déterminer l'allongement du câble.

**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  $\vec{z}$ .

Corrigé voir 6.

## Colle 03

## Torseur de cohésion

## Cours

En traction, donner la forme du torseur de cohésion, l'expression de la contrainte et la déformation relative. Vous vous appuyerez sur un schéma dans chacun des cas.

Donner le moment quadratique par rapport à l'axe  $(G, \vec{z})$  d'une poutre de section rectangulaire (hauteur  $h$  et largeur  $b$ ).

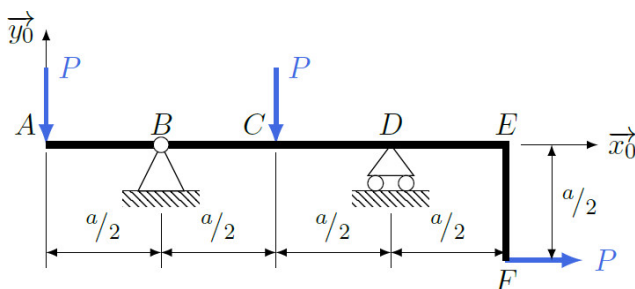
## Exercice 7 – Poutre encastrée \*



D'après documents Emmanuel BIGEARD.

**Pas de corrigé pour cet exercice.**

On donne la poutre encastrée suivante.



**Question 1** Déterminer le torseur de cohésion.

**Question 2** Identifier les sollicitations auxquelles est soumise la poutre.

**Question 3** Tracer les diagrammes des efforts intérieurs.

Corrigé voir 7.

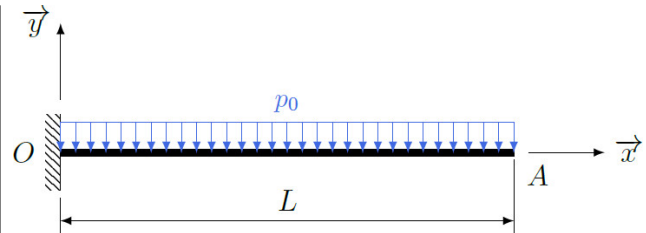
## Exercice 8 – Poutre encastrée \*



D'après documents Emmanuel PINAULT-BIGEARD.

**Pas de corrigé pour cet exercice.**

On donne la poutre encastrée suivante.



**Question 1** Déterminer le torseur de cohésion.

**Question 2** Identifier les sollicitations auxquelles est soumise la poutre.

**Question 3** Tracer les diagrammes des efforts intérieurs.

Corrigé voir 8.

## Exercice 9 – Banc d'essai de Boîte de Transfert Principale d'hélicoptère\*

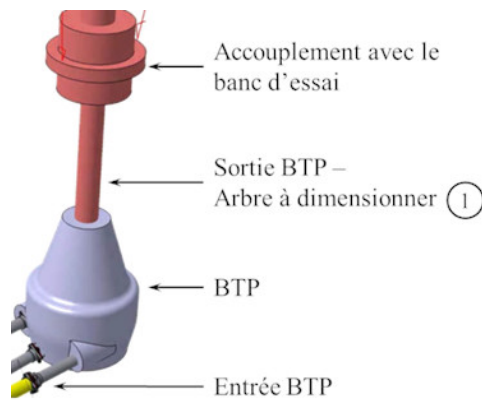


**Pas de corrigé pour cet exercice.**

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.



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

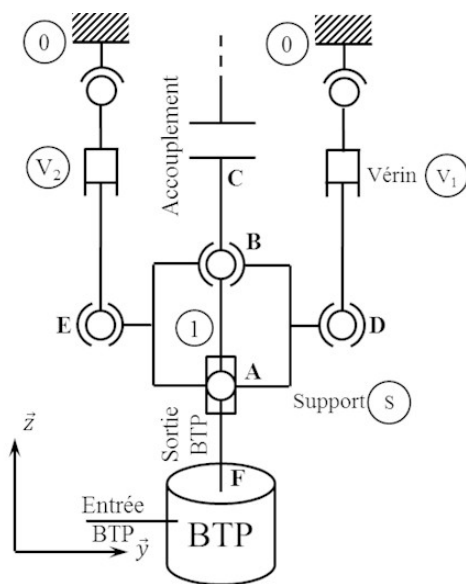


Schéma d'architecture de la sortie de la BTP

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  $F_v = 80\,000\text{ N}$  ;
- l'action de la BTP sur l'arbre 1 est un couple  $\vec{M}(A, BTP \rightarrow 1) = C_1 \vec{z}$  avec  $C_1 = 4100\text{ Nm}$  ;
- on considère que les liaisons en A et B sont parfaites, l'accouplement permet donc de transmettre le couple fourni par la BTP ;
- la pesanteur est négligée.

On a :

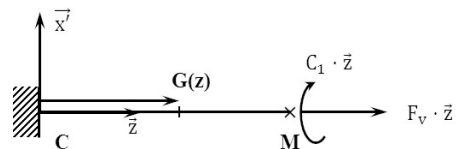
- $\vec{AB} = l \vec{z}$  avec  $l = 200\text{ mm}$  ;
- $\vec{BD} = L \vec{y} - \frac{l}{2} \vec{z}$  avec  $L = 300\text{ mm}$ .

### 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  $(C, \vec{z})$ . On note  $\vec{CG} = z \vec{z}$  ;
- l'action des vérins est modélisée par un seul effort :  $F_v \vec{z}$  ;
- le couple moteur est modélisé par un moment :  $C_1 \vec{z}$ .



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  $\tau_{\text{max}} < \frac{K R_e}{s}$ .

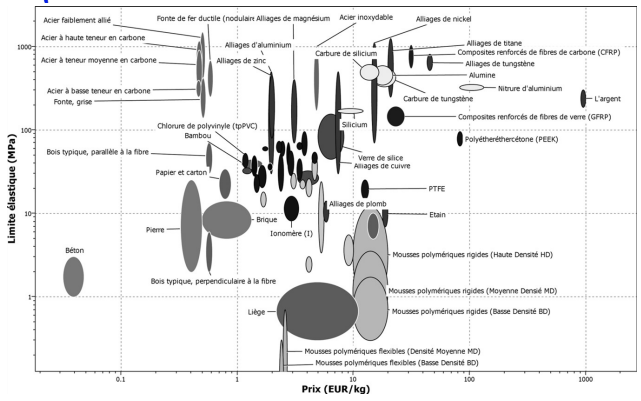
Famille de matériaux	Pourcentage de carbone	K
Aciers	Inférieur à 0,2 %	0,5
	Entre 0,2 % et 0,32 %	0,6
	Entre 0,32 % et 0,45 %	0,7
	Entre 0,45 % et 1,7 %	0,8
Fonte	Supérieur à 1,7 %	Entre 0,77 et 1

**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  $R_e = 1000\text{ MPa}$ . Déterminer le diamètre de l'arbre.

Corrigé voir 9.



Lien vers le corrigé :

