

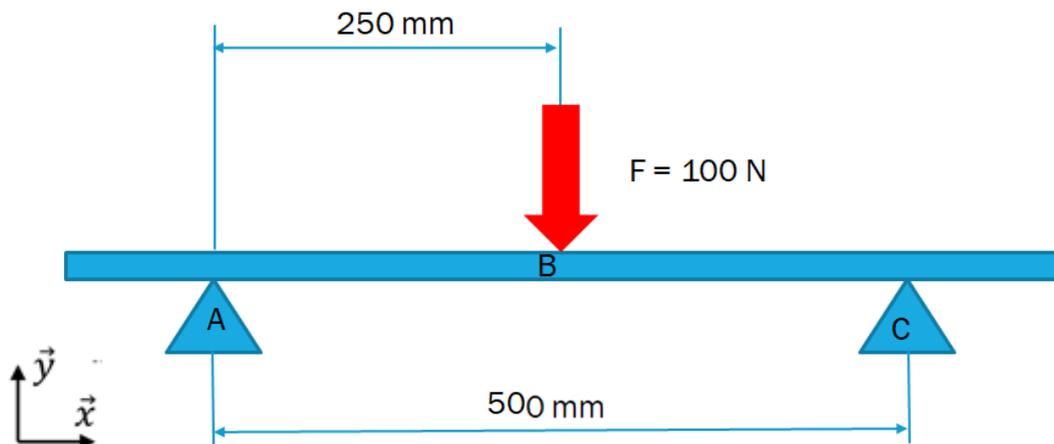
**NOM Prénom :**

Une structure mécanique porteuse est un ensemble de solides agencés de manière organisée destiné à supporter des actions mécaniques importantes. Les poutres sont des éléments constitutifs de structures porteuses.

### **Partie 1 – Etude de flexion :**

L'étude porte sur la sollicitation de poutres en acier S235JR ( $E = 210 \text{ GPa}$ ,  $R_e = 235 \text{ Mpa}$ ) de même longueur  $L_0 = 900 \text{ mm}$ . Elles sont en flexion sur 2 appuis ponctuels **distants de  $L = 500 \text{ mm}$** , mais de différents matériaux et de différentes sections. Des mesures pratiques ont été réalisées à l'aide d'un banc d'essai BED 100.

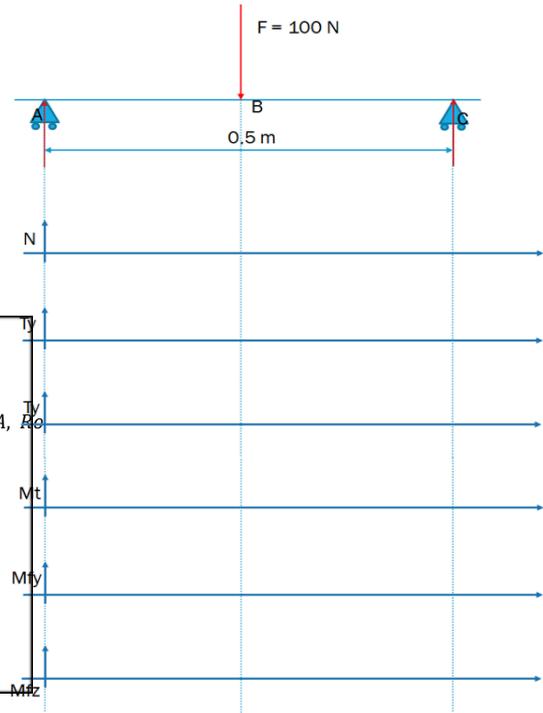
Nous allons étudier une poutre sur deux appuis qui est soumise à une charge ponctuelle  $\|F\| = 100 \text{ N}$  en milieu de travée. Les appuis sont une rotule et un appui simple et la poutre est donc isostatique.



#### **A) Etude calculatoire :**

-A l'aide des équations statiques du PFS, **déterminez les réactions d'appui** permettant de reprendre le chargement. (Déterminez les forces en A, C et B) :

- Calculez les valeurs de l'effort tranchant ainsi que celles du moment fléchissant et complétez les diagrammes ci-contre.



Aides d'écriture :

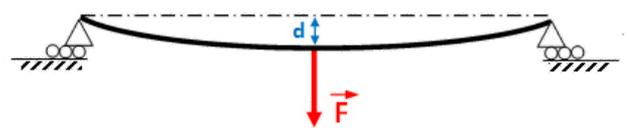
$$\left\{ \tau_{F_{1/2} \rightarrow} \right\}_{A, Ro} = \{ \dots\dots I \dots\dots I \dots\dots I \}_{A, Ro}$$

$$\left\{ \sum \vec{F}_{ext/S} = \vec{0} \quad \sum \vec{M}_{A(F_{ext/S})} = \vec{0} \right.$$

α ε Δ α φ ϕ θ ω π η ρ λ τ ø

-En analysant les sections utilisées, **déterminez les moments quadratiques  $I_G$**  et les moments polaires correspondants à chaque section suivante :

<u>Etude calculatoire</u>				
Section	circulaire pleine	circulaire creuse	Rectangulaire creuse A	Rectangulaire creuse B
Dimensions (Δ en cm !!!)				
Formule $I_G$				
Valeur $I_G$				
Formule $I_0$				
Valeur $I_0$				
Formule $f_{max}$				
Valeur $f_{max}$				



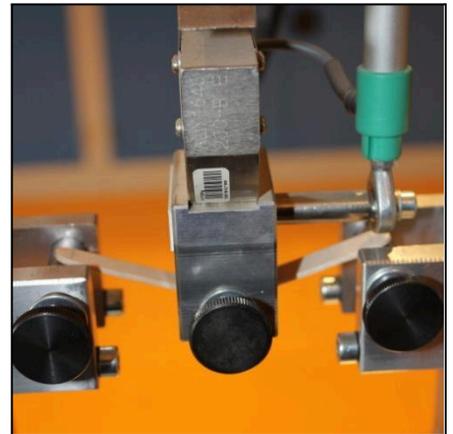
d = flèche maximale (déplacement maximal)

-Déterminez la **flèche** pour les différentes sections étudiées.

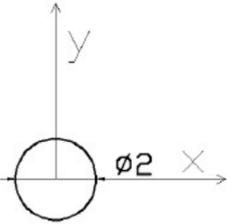
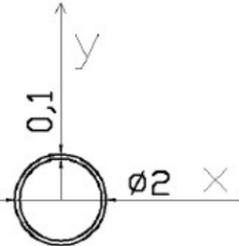
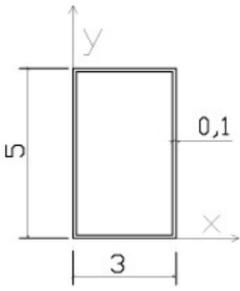
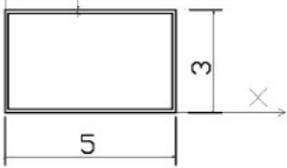
-**Réalisez un histogramme** illustrant les différences de déformation sous un même effort de 100N. Que pouvez-vous en conclure sur l'impact de la forme d'une poutre au niveau de la déformation ?

### B) Etude pratique :

Un ensemble de mesure a été réalisé sur un banc d'essai de flexion et a permis de récupérer les courbes ci-dessous. **Analysez-les** et **renseigner la flèche** maximale  $f_{\max P}$  dans le tableau ci-dessous :



- [Mesures poutre section circulaire pleine.xlsx](#)
- [Mesures poutre section circulaire creuse.xlsx](#)
- [Mesures poutre section rectangulaire creuse A.xlsx](#)
- [Mesures poutre section rectangulaire creuse B.xlsx](#)

<b>Etude pratique</b>				
Section	circulaire pleine	circulaire creuse	Rectangulaire creuse A	Rectangulaire creuse B
Dimensions ( $\Delta$ en cm !!!)				
Valeur $f_{\max P}$				

### C) Impact des matériaux :

-Une mesure a été réalisée sur un banc d'essai de flexion et a permis de récupérer la courbe ci-dessous pour une poutre circulaire composée d'Aluminium. **Analysez-la** et **conclure** sur l'impact des matériaux par rapport aux déformations maximales.

□ [Mesures poutre section circulaire pleine ALUMINIUM.xlsx](#)

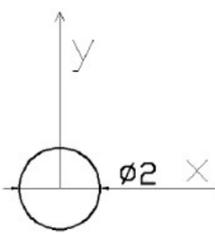
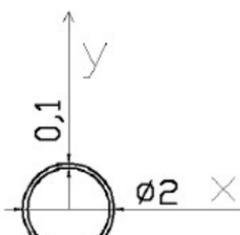
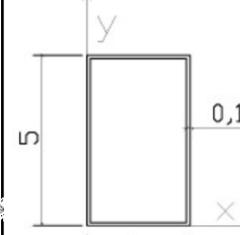
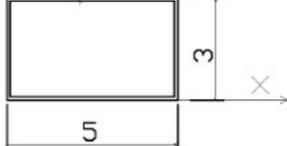
### D) Etude par simulations (éléments finis) :

Les logiciels modernes de modélisation permettent d'effectuer des simulations de contrainte sur les pièces et ainsi d'économiser des temps de calculs et de présenter les résultats de manière plus visuelle.

-**Suivez** le [tutoriel de simulation](#) de contrainte d'une poutre rectangulaire pleine avec SolidWorks. Puis pour chacune des poutres étudiées, **réalisez une simulation** et **renseigner les valeurs** de la flèche  $f_{maxS}$  et de la contrainte  $\sigma_{Max}$  subie par la poutre dans le tableau.  $\Delta$  **Insérer** pour chacune des simulations **une capture d'écran du résultat** de la flèche (déformation).

Fichiers SolidWorks :

- [poutre rectangulaire tutoriel.sld](#)
- [poutre section circulaire pleine.sld](#)
- [poutre section circulaire creuse.sld](#)
- [poutre section rectangulaire creuse A.sld](#)
- [poutre section rectangulaire creuse B.sld](#)

<b>Etude par simulation</b>				
Section	circulaire pleine	circulaire creuse	Rectangulaire creuse A	Rectangulaire creuse B
Dimensions ( $\Delta$ en cm !!!)				
Contrainte $\sigma_{Max}$				
<b>Valeur <math>f_{maxS}</math></b>				
Coef.sec. s				

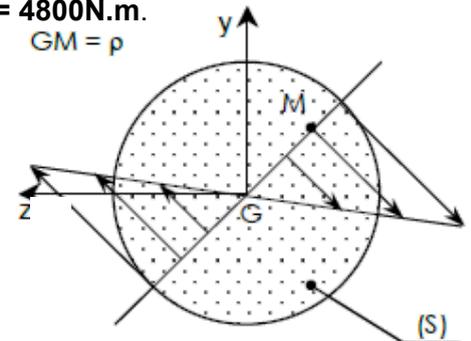
-A l'aide de la contrainte  $\sigma_{Max}$  déterminez les **coefficients de sécurité** globaux de chacune des sections. Laquelle est la plus avantageuse ?

## E) Conclusion :

-Pour l'ensemble des essais réalisés, **comparez** les résultats calculés, simulés et pratiques. A quoi sont dues les différences observées entre la théorie et la pratique? Conclure.

## Partie 2 – Etude de torsion :

L'étude porte sur la sollicitation d'un arbre de transmission en acier S235JR de  $\varnothing 30\text{mm}$  ( $E = 210 \text{ GPa}$ ,  $R_e = 235 \text{ Mpa}$ ,  $G = 79 \text{ GPa}$ ) soumis à un moment une de torsion  $M_t = 4800 \text{ N.m}$ .



-Utiliser le fichier [arbretorsion.sld](#) pour **effectuer une simulation** de contrainte sur SolidWorks et identifier les zones de contrainte. On considéra que la face plane de l'arbre (sans les cannelures) est fixe. Insérer une **capture d'écran**.

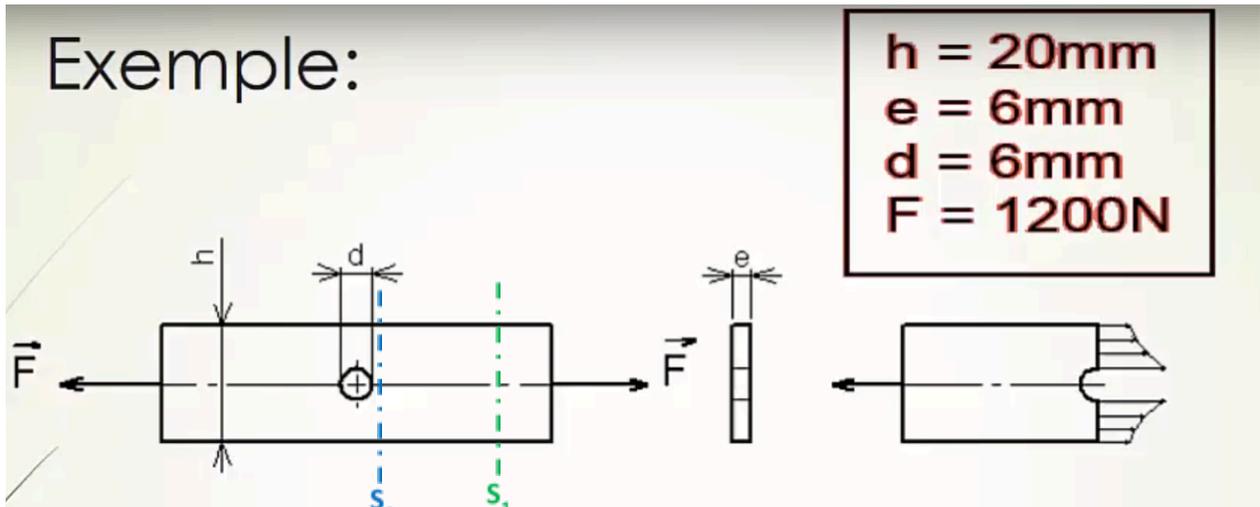
-Donnez les valeurs maximales des **déplacements**?

-Que pouvez-vous dire par rapport au **coefficient de sécurité** ? :

-Calculez la valeur maximale de la **contrainte de cisaillement**  $\tau$  pour le  $\varnothing 30\text{mm}$ :

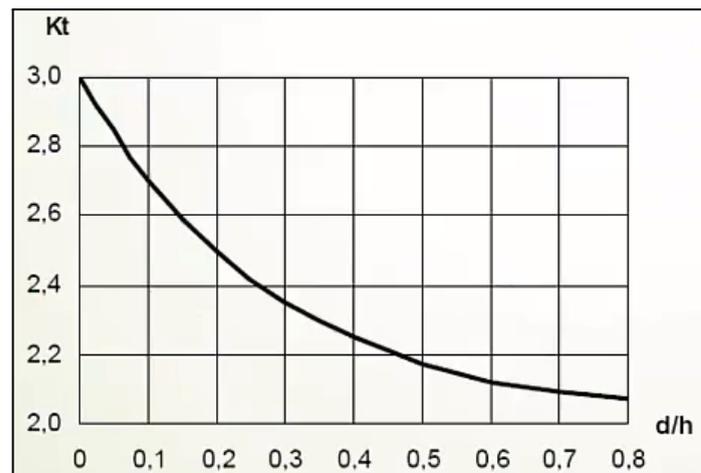
### **Partie 3 – Etude de concentration de contrainte :**

Soit la plaque percée en acier S235JR suivante soumise à un effort de traction **F= 1200N** :



-Calculer la contrainte dans la **section S1**,  $\sigma_{\text{NOM}}$ , puis la contrainte dans la **section S0**,  $\sigma_0$ .

-Calculer le rapport  $d/h$  et utiliser l'abaque pour **obtenir le  $K_t$**



-Déterminez la **contrainte maximum**,  $\sigma_{\text{Max}}$  :

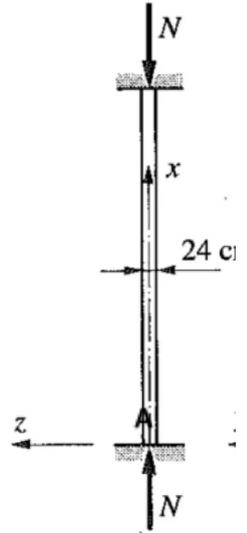
-De **quel rapport** a évolué la contrainte du simple fait de la présence du trou dans la plaque ?

-Utiliser le fichier [piecepercee.sld](#) pour **effectuer une simulation** de contrainte sur SolidWorks et identifier **les zones de concentration** de contrainte. Insérer une **capture d'écran**. Que pouvez-vous dire du coefficient de sécurité ?

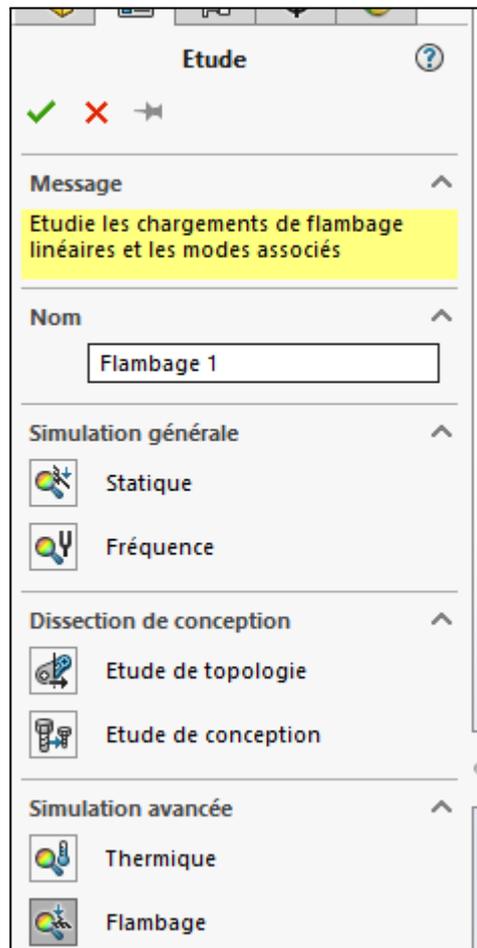
## Partie 4 – Flambage :

Une colonne circulaire pleine encastree, de longueur **L = 20m** et de  **$\varnothing=24\text{cm}$** , en aluminium EN-AW1200 (**E = 70 GPa**) et en situation de compression due à un effort  **$\|N\| = 200\text{ kN}$** . On considère l'appui en A fixe.

-Par le calcul, **déterminer** s'il y a flambement ou non ?



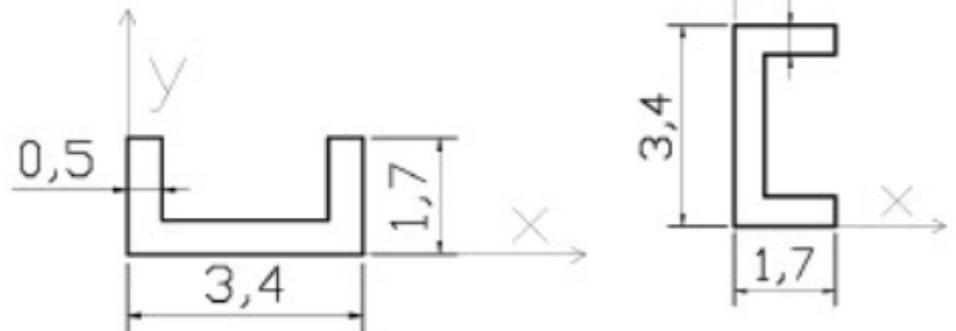
-Utiliser le fichier [colonneflambage.sld](#) pour **effectuer une simulation** de contrainte sur SolidWorks. Insérer une **capture d'écran**. De combien est la déformation maximale ?





## Partie 5 – Flexion de poutre en U :

Soit une poutre en U en acier S235JR ( $E = 210 \text{ GPa}$ ,  $R_e = 235 \text{ Mpa}$ ). On veut étudier la flèche de celle-ci suivant deux orientations (A et B) **dans le même cas de chargement que dans la partie 1**.



-Déterminez la position du centre de gravité de la poutre en U en séparant la section en plusieurs surfaces élémentaires et en utilisant les formules ci contre.

\* $A_G$  l'aire totale de la section de centre de gravité  $y_G$

\* $A_i$  l'aire correspondant à une partie de la section totale de centre de gravité ( $x_i; y_i$ )

-Connaissant la valeur du moment quadratique des sections rectangulaires ainsi que la position du centre de gravité de la poutre en U, **utilisez le théorème de Huygens** présenté ci dessous pour déterminer la valeur du moment quadratique pour la poutre en U selon les deux sens de chargement.

avec:

- $I_{Gi}$  : le moment quadratique d'une partie de la section de surface  $A_i$  .

- $I_G$  : le moment quadratique total de la section.

- $d_i$  : la distance entre le centre de gravité total ( $x_G; y_G$ ) et le centre de gravité local ( $x_i; y_i$ ) .

-**Déterminez la flèche** maximale dans les deux cas de figure. **Comparer** les valeurs avec celles des autres types de poutre de la partie 1.

-Utilisez Solidworks et le fichier [poutreUPN.sld](#) pour **réalisez des simulations** de contrainte pour les deux cas. Insérer des **captures d'écran**.