

Ex 5 : Analyse statique d'un crochet

Objectifs

- Utiliser des éléments volumiques.
- Manipuler le gestionnaire de paramètres.

Cahier des charges

Un crochet en acier (à récupérer auprès de l'enseignant) utilisé dans le BTP et présenté en annexe A, doit soutenir une charge de 6000 N.

- La contrainte maximale ne doit pas dépasser la limite d'élasticité du matériau.
- La masse doit être la plus faible possible.
- L'épaisseur et la profondeur du crochet peuvent varier entre 15 et 25 mm.
- Le rayon inférieur peut varier entre 45 et 55 mm, l'angle entre 120° et 150°.

Analyse paramétrique

Travail à réaliser sous Mechanical

- Récupérer la CAO, définir les paramètres de l'étude en cliquant sur les cases devant les variables choisies (paramètres de la CAO, masse...).
- Générer un maillage, le plus régulier possible, avec les contrôles adaptés :
 - Sous l'onglet maillage :
 - insérer un dimensionnement : fixer la taille d'élément à 5mm,
 - Insérer une méthode de maillage, choisir "à dominante hexaédrique".
- Choisir la face cylindrique, insérer une condition de type "*support fixe*".
- Appliquer une force verticale descendante sur la face interne, située au creux du crochet.
- Prévoir la visualisation de la déformée totale, de la contrainte équivalente et un outil de contrainte (coefficient de sécurité basé sur la limite d'élasticité).
- Résoudre, vérifier le coefficient de sécurité et la contrainte équivalente maximale.
- Ajouter ces valeurs aux paramètres.

Travail à réaliser à l'aide du gestionnaire de paramètres

- Revenir à la fenêtre principale et ouvrir le gestionnaire de paramètres.
- Configurer des essais afin d'étudier l'influence des paramètres géométriques sur les résultats (masse, coefficient de sécurité...).
- "Réaliser" tous les essais, en cliquant sur "Update all design points".

Travail à réaliser à l'aide de Microsoft Excel

- A l'aide d'un copier/coller, récupérer les caractéristiques et les résultats de tous les essais.
- Tracer des schémas présentant l'évolution des paramètres de sortie en fonction des paramètres d'entrées.

Rédaction du compte rendu

En plus des informations obligatoires (type et nombre d'éléments, description du chargement et des conditions aux limites etc...), et des commentaires relatifs aux résultats présentés, il faudra répondre aux questions suivantes :

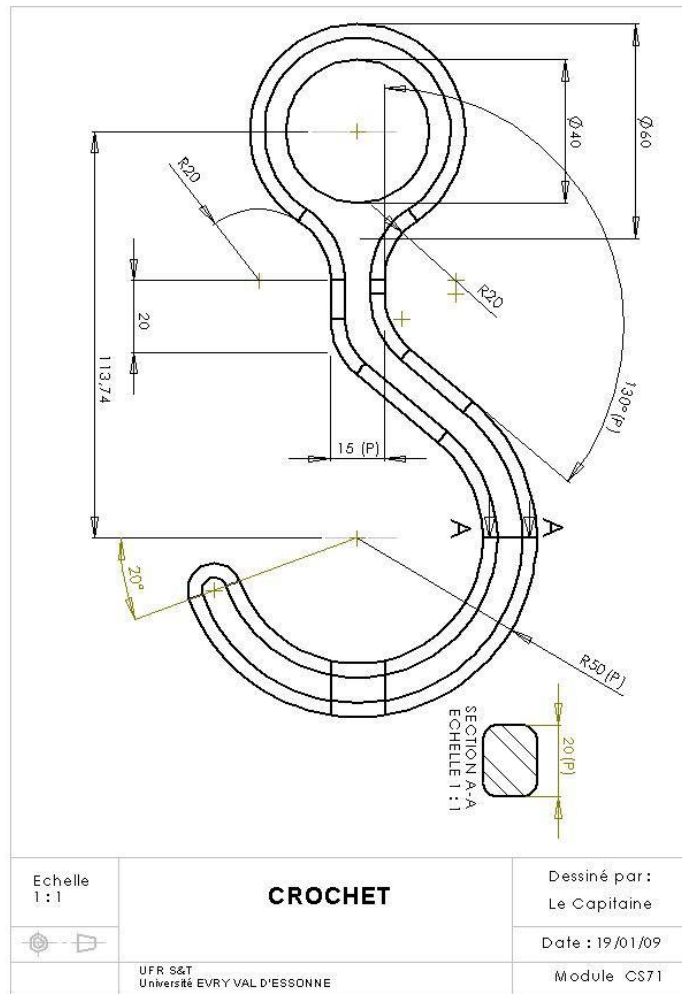
- Comment évoluent les paramètres de sortie en fonction des paramètres d'entrée ?
- Quelles valeurs choisir pour se conformer au cahier des charges ?

Comparaison avec un modèle analytique

Pour comparer les résultats du modèle élément finis avec les résultats de la littérature, il faut tracer l'évolution de la contrainte sur une ligne située au niveau du plan de coupe AA (annexe A).

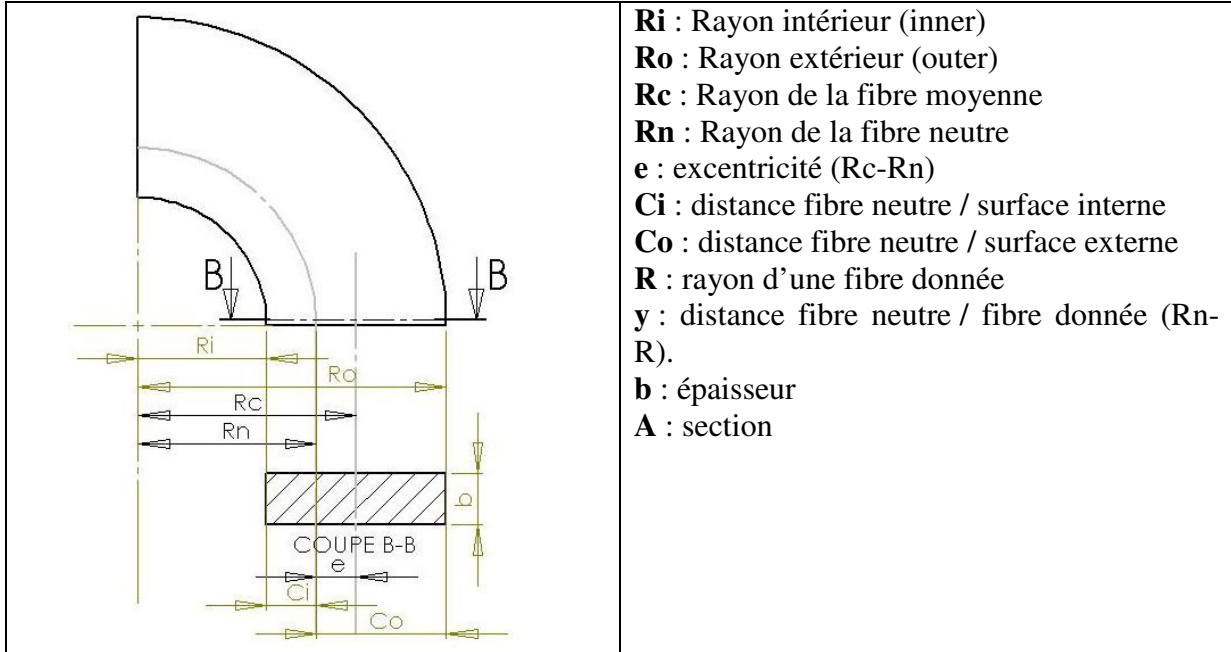
- Comparer, à l'aide d'Excel, les résultats numériques avec le modèle analytique présenté en annexe B.

Annexe A : Mise en plan du crochet (échelle non respectée dans ce document)



Annexe B : Introduction à la théorie des poutres courbes

La théorie des poutres peut être étendue aux poutres courbées (curved beams), voir [6]. Le paramétrage, dans le cas d'une poutre à section rectangulaire, est le suivant :



- Ri** : Rayon intérieur (inner)
- Ro** : Rayon extérieur (outer)
- Rc** : Rayon de la fibre moyenne
- Rn** : Rayon de la fibre neutre
- e** : excentricité (Rc-Rn)
- Ci** : distance fibre neutre / surface interne
- Co** : distance fibre neutre / surface externe
- R** : rayon d'une fibre donnée
- y** : distance fibre neutre / fibre donnée (Rn-R).
- b** : épaisseur
- A** : section

Dans le cas où la poutre est soumise à un moment de flexion, noté M , le rayon de la fibre neutre est donné par la relation, $Rn = \frac{A}{\int_A \frac{dA}{R}}$ soit, pour une section rectangulaire, $Rn = \frac{b(Ro - Ri)}{\int_{Ri}^{Ro} b \frac{dR}{R}} = \frac{(Ro - Ri)}{\ln\left(\frac{Ro}{Ri}\right)}$

Le tableau 2 donne les résultats pour d'autres sections.

<p>Area = $(b_0 + b_1)(r_o - r_i) / 2$</p> <p>$\int_A \left(\frac{dA}{r}\right) = b_0 b_1 + [(b_1 r_o - b_0 r_i) / h] \ln[r_o / r_i]$</p>	<p>Area = $b(r_o - r_i) / 2$</p> <p>$\int_A \left(\frac{dA}{r}\right) = \frac{b r_o}{(r_o - r_i)} \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) - b$</p>
<p>Area = πc^2</p> <p>$\int_A \left(\frac{dA}{r}\right) = 2 \pi (r_c - \sqrt{r_c^2 - c^2})$</p>	<p>Area = $\pi a b$</p> <p>$\int_A \left(\frac{dA}{r}\right) = 2 \pi \frac{b}{a} (r_c - \sqrt{r_c^2 - c^2})$</p>

Tab2

La contrainte de flexion; normale à la section, est

$$\sigma = \frac{M(R - Rn)}{AeR} = \frac{-My}{Ae(Rn - y)}$$

La valeur maximale est atteinte soit sur la surface interne soit sur la surface externe :

$$\sigma_i = \frac{MC_i}{AeR_i} \text{ et } \sigma_o = \frac{MC_o}{AeR_o}$$

Les résultats pour le crochet, présenté en annexe A, sont donnés ci-dessous (Le moment est supposé constant, et égal au moment de la force au niveau de la fibre moyenne, la contrainte totale s'obtient alors par superposition de la contrainte de traction et de la contrainte de flexion calculée ci-dessus).

