

Nom :

Prénom :

Exo1. Thermomécanique : chauffage par effet Joule d'un bilame

(3 points)

On souhaite calculer par éléments finis linéaires le chauffage puis le refroidissement d'un bilame invar-acier. Le chauffage se fait pendant 60 secondes par un courant électrique qui circule dans l'acier et le chauffe par effet Joule avec une densité volumique de 50 MW/m^3 uniforme. On suppose que le courant électrique ne passe pas dans l'invar. Au bout des 60 sec, on coupe le courant et on laisse le bilame se refroidir pendant 1 heure. Le bilame initialement à 20°C est refroidi sur ses surfaces inférieures et supérieure par convection avec l'air ambiant supposé à 20°C . Ce refroidissement par convection avec l'air ambiant est actif pendant la chauffe (60 sec) et le refroidissement (1 heure) et est du type Cauchy :

flux = $h(T-T_a)$ avec $T_a = 20^\circ\text{C}$ et $h = 100 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour la face supérieure de l'invar et $50 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour la face inférieure de l'acier.

Téléchargez le fichier **bilame.inp** présent sur moodle puis en conservant le même système d'unités :

- Remplacer les **points d'interrogation** par les valeurs correctes **sans rien changer d'autre**,
- Définir le node set Nx pour lesquels $ux = 0$. (symétrie plane) et complétez le *boundary correspondant dans le step.
- Inclure un second step simulant le refroidissement et remplir le premier tableau (2 chiffres après la virgule).

	T-max ($^\circ\text{C}$)	flèche (mm)	Mises-max (MPa)
A l'issue du chauffage			
A l'issue du refroidissement			

Vu le niveau atteint par la contrainte de Von Mises dans l'acier, ce dernier va plastifier. Inclure la loi plastique dans l'acier seulement (limite élastique 300 MPa puis 350 MPa, 370 MPa et 410 MPa à respectivement 1%, 2% et 10% de déformation plastique) et remplir le second tableau.

	T-max ($^\circ\text{C}$)	flèche (mm)	Mises-max (MPa)
A l'issue du chauffage			
A l'issue du refroidissement			

Pourquoi la plastification est-elle localisée en $z = 0$?

-

-

Comment pourrait-on améliorer le maillage ?

-

-

-

Bonus : reprendre le cas en utilisant cette fois-ci des éléments quadratiques à 20 nœuds c3d20t et remplir le troisième tableau.

	T-max ($^\circ\text{C}$)	flèche (mm)	Mises-max (MPa)
A l'issue du chauffage			
A l'issue du refroidissement			

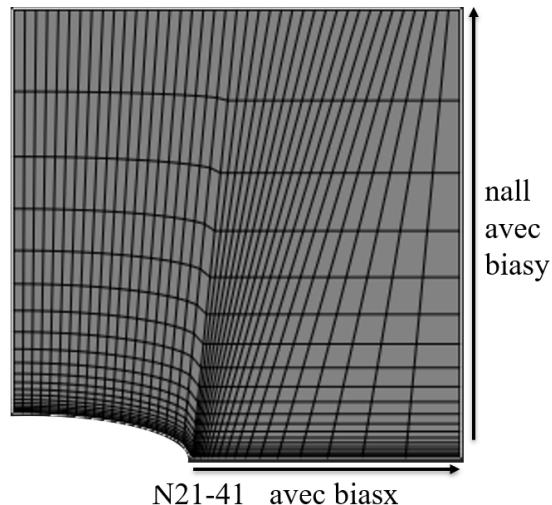
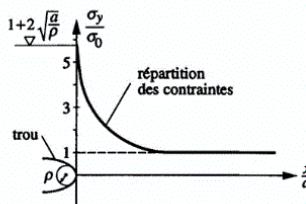
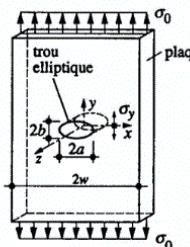
Exo2. Concentration de contrainte en avant d'un trou elliptique**(3 points)**

On souhaite calculer par éléments finis l'effet de la présence d'un trou elliptique dans une pièce métallique (densité=2.69, module de Young = 69 GPa et coefficient de Poisson = 0.3) soumise à une traction et comparer le résultat avec la théorique donnée ci-dessous.

On se place en 2D contrainte plane dans le plan xy et on ne modélise qu'un quart de la pièce supposée de faible épaisseur dans la direction z . Une pression de 1 MPa est appliquée sur la surface supérieure. Le maillage peut être affiné à l'endroit de la concentration de contraintes selon x avec `biasx` et selon y avec `biasy` et on commence avec des éléments quadratiques CPS8 à 8 nœuds.

$$\sigma_{y,\max} = \sigma_0 \left(1 + 2 \frac{a}{b}\right) = \sigma_0 \left(1 + 2 \sqrt{\frac{a}{\rho}}\right)$$

σ_y : contrainte de la direction y
 σ_0 : contrainte uniforme appliquée sur la plaque
 a, b : demi-axes du trou elliptique
 ρ : rayon de courbure au sommet du trou elliptique



Téléchargez le fichier **ellipse.inp** présent sur moodle puis en conservant le même système d'unités,

1. Définir le nset Nx correspondant aux nœuds ayant $ux = 0$ en conditions aux limites (symétrie p.r. au plan $y = 0$)
2. Définir le nset Ny correspondant aux nœuds ayant $uy = 0$ en conditions aux limites (seconde symétrie p.r. au plan $x = 0$) et compléter le mot clé `*boundary` dans le step du fichier
3. Remplir les 4 premières lignes du tableau ci-dessous en faisant varier les paramètres `biasx` et `biasy`.
4. Modifier le fichier **ellipse.inp** pour utiliser des éléments linéaires à 4 nœuds CPS4 et compléter le reste du tableau.

	biasx	biasy	$\sigma_{yy\text{-max}} \text{ (MPa)}$	$uy\text{-max} \text{ (micron)}$
quadratique	1	1		
quadratique	0.9	0.9		
quadratique	0.8	0.8		
quadratique	0.75	0.75		
linéaire	1	1		
linéaire	0.9	0.9		
linéaire	0.8	0.8		
linéaire	0.75	0.75		

5. Que valent a et b dans notre cas et la contrainte σ_{yy} maximum selon la théorie ? Conclure en explicitant les origines possibles des écarts entre calculs et théorie.

-
-
-
-