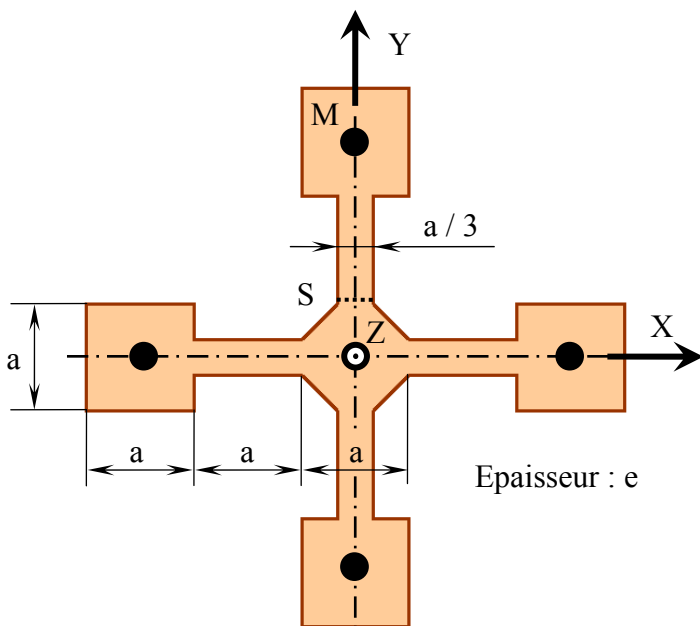


N.B. : Durée de l'examen : 2 heures ; Notes de cours, de TD et de TP autorisées
 Chaque problème est à rendre sur une feuille séparée

MODÉLISATION D'UNE PIÈCE TOURNANTE (10 points)



La figure ci-contre représente la pièce principale d'un tourniquet pour enfants, en rotation autour de l'axe vertical Z à une vitesse constante ω .

C'est une plaque d'épaisseur constante, découpée dans un panneau d'un matériau approprié.

Elle est constituée de 4 carrés identiques disposés à l'extrémité de bras reliés à une partie centrale.

Une masse M, considérée comme ponctuelle, est fixée au centre de chacun des 4 carrés.

L'ensemble est monté sur des supports sans frottement tels que le poids des pièces n'a pas à être pris en compte.

Les seuls efforts à considérer sont donc les efforts centrifuges.

Un calcul bidimensionnel par éléments finis de cette pièce est envisagé, avec ANSYS.

1. Compte tenu des symétries de la structure et de son chargement, quelle est la zone minimale à mailler ? La définir clairement par un croquis.

2. Un fichier APDL contenant le texte ci-contre est appelé dans ANSYS classique. Tracer exactement la figure qui apparaîtra.

3. Indiquer un élément approprié pour mailler cette structure, en précisant l'option à choisir.

4. Quelles sont les conditions aux limites à prendre en compte ? Préciser la commande qui permet de les imposer au modèle dans ANSYS classique.

5. Même question pour ANSYS Workbench.

6. Quel sont les 2 paramètres à intégrer au modèle pour que les efforts centrifuges soient correctement calculés ?

7. Si l'unité de longueur choisie pour définir la géométrie est le cm, en quelles unités les contraintes seront-elles calculées par ANSYS classique ?

```

/PREP7
! Dessine-moi un rond
a=120
K, 1, a/2, a/6
K, 2, 3*a/2, a/6
K, 3, 3*a/2, a/2
LSTR, 1, 2
LSTR, 2, 3
/PNUM, KP, 1
/PNUM, LINE, 1
/EOF
    
```

Avant d'entreprendre la modélisation avec ANSYS, la tenue de la pièce est évaluée analytiquement.

8. Donner l'expression de la contrainte moyenne de traction $\overline{\sigma}_s$ qui apparaît à l'accrochage des bras (section S de la figure), en fonction des dimensions a et e, de la vitesse de rotation ω , de la masse volumique ρ du matériau et de la masse M.

9. Application numérique : calculer $\overline{\sigma}_s$ pour $a = 120$ cm, $e = 1$ cm, $\omega = 100$ tr/min $\rho = 1000$ kg/m³ et $M = 75$ kg.

10. Ce calcul analytique est-il suffisant pour une approche réaliste des contraintes maximales dans les bras ? Si non, expliquer pourquoi et proposer une méthode pour aller plus loin.

MÉCANIQUE DES STRUCTURES (6 POINTS)

Choisir une bonne réponse.

1. Dans l'élément CST (Constant Strain Triangle),
 - A. les contraintes sont linéaires
 - B. les déplacements sont linéaires
 - C. les déplacements sont constants
2. Dans l'élément LST (Linear Strain Triangle),
 - A. les déplacements sont quadratiques
 - B. les déplacements sont linéaires
 - C. les contraintes sont quadratiques
3. Pour passer de l'élément de référence à l'élément réel, il faut calculer
 - A. seulement la matrice Jacobienne
 - B. la matrice Jacobienne et son inverse
 - C. la matrice Jacobienne, son inverse et son déterminant
4. Dans une barre, sollicitée par un chargement réparti constant, maillée avec 5 éléments de barre (en traction/compression),
 - A. les déplacements sont dérivables
 - B. les contraintes sont linéaires
 - C. les contraintes sont discontinues
5. Dans la convergence de type p (augmentation du degré du polynôme d'approximation) de la méthode des éléments finis,
 - A. le nombre d'éléments augmente
 - B. le nombre de degrés de liberté augmente
 - C. le nombre d'éléments et de degrés de liberté augmentent
6. Afin d'effectuer une intégration numérique en 1D par la méthode de Gauss avec 4 points de Gauss, il faut résoudre
 - A. un système de 4 équations algébriques
 - B. un système de 6 équations algébriques
 - C. un système de 8 équations algébriques

PROBLÈME DE THERMIQUE (5 points)

On considère un problème de conduction isotrope, en 2D-plan, stationnaire, sans convection et sans couplage avec la mécanique. La structure à étudier est modélisée par un maillage comportant 2 éléments triangulaires et 4 nœuds (figure 1). Les coordonnées sont paramétrées par les nombres a , b et c . Trois températures notées \bar{T}_1 , \bar{T}_2 et \bar{T}_4 sont imposées aux nœuds 1, 2 et 4. Chaque élément est constitué d'un matériau différent de conductivité k_1 et k_2 et est soumis à une source interne de chaleur (W/m^3) différente \bar{q}_1 et \bar{q}_2 . **En respectant impérativement** la convention de numérotation locale de la figure 2 :

- 1) Calculer les matrices de conductivité élémentaires en fonction de a , b , c , k_1 et k_2 .
- 2) Assembler la matrice de conductivité en fonction de a , b , c , α_1 et α_2 ($\alpha_1 = \frac{k_1}{2ab}$; $\alpha_2 = \frac{k_2}{2bc}$).
- 3) Calculer les seconds membres élémentaires en fonction de a , b , c , \bar{q}_1 et \bar{q}_2 .
- 4) Assembler le second membre en fonction de β_1 et β_2 ($\beta_1 = \frac{ab\bar{q}_1}{6}$; $\beta_2 = \frac{bc\bar{q}_2}{6}$).
- 5) Résoudre le système linéaire associé au modèle élément fini et exprimer la solution en fonction de a , b , c , α_1 , α_2 , β_1 , β_2 , \bar{T}_1 , \bar{T}_2 et \bar{T}_4 .

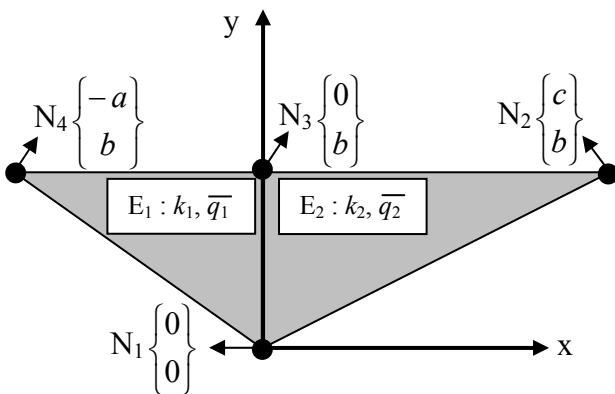


Figure 1 – Maillage

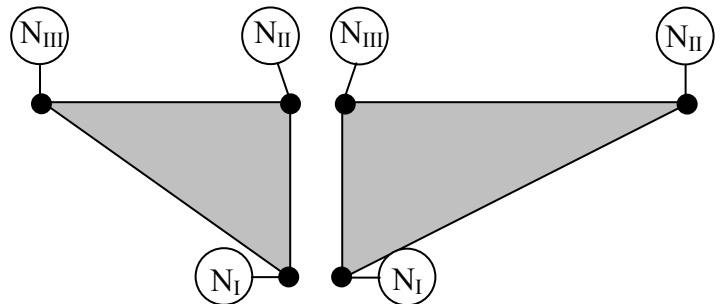


Figure 2 – Convention de numérotation locale

QUESTION DE THERMIQUE (1 point)

Renseignez les 10 cases de la figure 3 afin d'être en cohérence avec le listing de la figure 4 obtenu avec un élément de type solid70 du logiciel ANSYS.

STLOC Starting location N	<input type="text"/>	<input type="text"/>
VAL1 Load HGEN at loc N	<input type="text"/>	<input type="text"/>
VAL2 Load HGEN at loc N+1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
VAL3 Load HGEN at loc N+2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
VAL4 Load HGEN at loc N+3	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figure 3 – Chargement Heat Generation

```
LIST ELEMENT HEAT
GENERATIONS FOR ALL
SELECTED ELEMENTS (NOTE:
DATA IS SHOWN IN EXPANDED
FORMAT, NOT USER INPUT
FORMAT )
```

ELEMENT=1 HEAT GENERATIONS

```
200. 700. 800. 400.
600. 600. 700. 800.
```

Figure 4 – Listing