

Durée de l'examen : 2 heures

Les notes de Cours, de TD et de TP sur support papier sont autorisées. L'accès à des documents électroniques (via ordinateur portable, téléphone portable etc.) est interdit.

Chacun des trois problèmes du sujet est à rendre sur une feuille séparée.

Modélisation d'une pièce tournante (8 points)

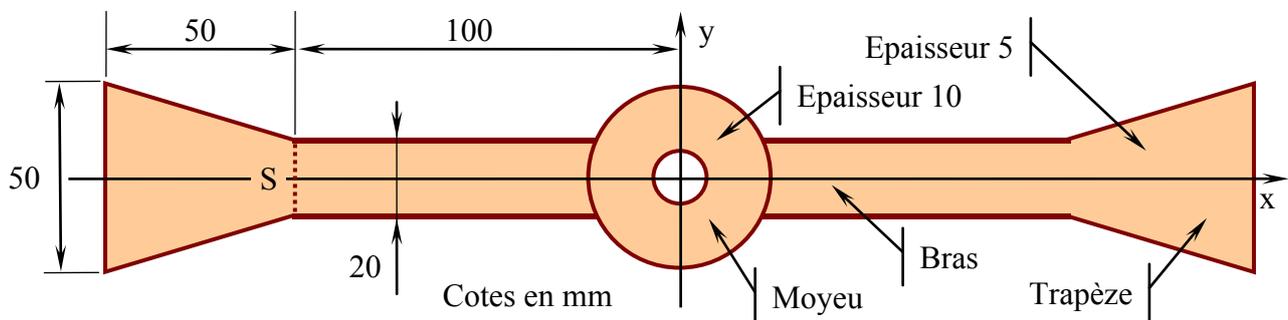
1. Dans ANSYS Workbench, à quoi sert une sphère d'influence et quelles sont les données qui la définissent ?

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

3. Pour modéliser une pièce dans ANSYS APDL, le Petit Futé décide d'adopter la t, le mm et la s comme unités de masse, de longueur et de temps. Si la densité de la pièce est de 7,85, quel nombre saisira-t-il dans la case "Density" ?

4. Avec les choix d'unités de la question précédente pour les données du modèle, dans quelle unité les contraintes seront-elles calculées par ANSYS ?

```
/PREP7
! Dessine-moi un carré
a=1
b=a/sqrt(2)
K, 1, ,
K, 2, a,
K, 3, a+b, b
LSTR, 1, 2
LSTR, 2, 3
LARC, 1, 3, 2, a
/PNUM, KP, 1
/PNUM, LINE, 1
/EOF
```



La figure ci-dessus représente un élément de machine tournante, en rotation à vitesse constante autour de l'axe z (perpendiculaire au plan de la figure, au centre de la pièce).

C'est une pièce unique, en acier, usinée dans la masse, avec 2 épaisseurs différentes.

Elle est constituée d'un moyeu central et de 2 bras achevés par des trapèzes.

La vitesse de rotation est telle que tout effort autre que les efforts centrifuges peut être négligé.

Avant la création d'un modèle complet, tridimensionnel, un calcul bidimensionnel par éléments finis de cette pièce est envisagé, avec ANSYS.

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

D'autre part, quelques calculs analytiques sont effectués dans le but d'évaluer l'ordre de grandeur des contraintes maximales dans la pièce.

6. La densité du matériau étant de 7,85 et la vitesse de rotation de 15000 tr/min, calculer l'effort centrifuge d'un des trapèzes (il n'est pas demandé de redémontrer la formule qui donne la position de son centre de gravité).

7. En déduire la contrainte de traction moyenne dans la section S représentée sur la figure.

8. Cette approche analytique permet-elle de dire où se situe la contrainte maximale dans la pièce ? Si non, quelles sont les données manquantes ?

Modélisation éléments finis d'une poutre (8 points)

Considérons une poutre en flexion simple composée de **deux matériaux** (Figure 1). L'équation gouvernant ce système peut être écrite sous la forme suivante :

$$EI \frac{d^2 u_y}{d x^2} + M = 0$$

où $u_y(x)$ est la déflexion de la poutre, et M est le moment de flexion appliqué aux deux extrémités sur appuis simples (Figure 1).

La poutre est discrétisée avec trois éléments finis, et quatre nœuds. **Les éléments 1 et 3 sont construits avec le matériau 1, et l'élément 2 avec le matériau 2.**

Conditions aux limites : $u_y(x=0) = 0$; $u_y(x=L) = 0$

Données numériques : **Matériau 1** : $EI = 2.4 \cdot 10^{10} \text{ N cm}^2$; **Matériau 2** : $EI = 4 \cdot 10^{10} \text{ N cm}^2$;
 $M = 10^6 \text{ N cm}$; $L = 800 \text{ cm}$

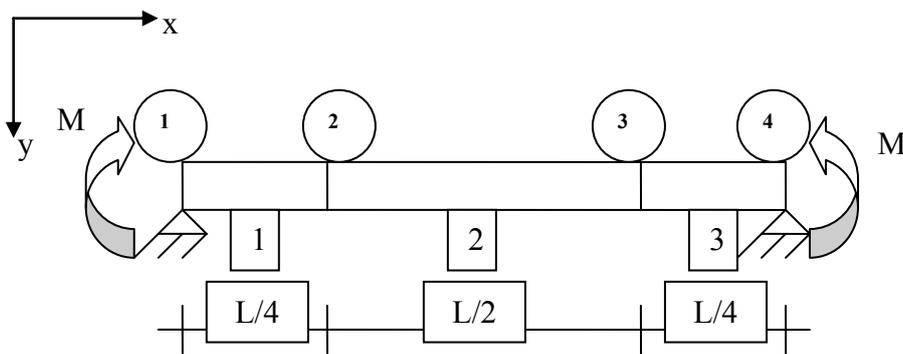


Fig. 1

On veut calculer la flèche aux nœuds de la discrétisation de la poutre. On demande d'appliquer la méthode des éléments finis, c'est-à-dire :

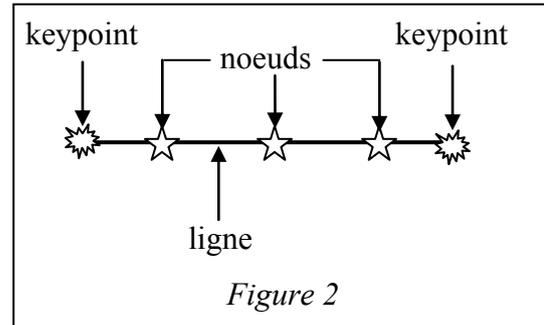
- 1) Déterminer la forme intégrale globale.
- 2) Déterminer la forme intégrale faible.
- 3) Utiliser la méthode de Galerkin et les fonctions d'approximation linéaires.
- 4) Déterminer le système $K^e u^e = f^e$ pour un élément de longueur L_e .
- 5) Discrétiser la poutre en utilisant trois éléments linéaires de longueur $L_1 = L_3 = L/4$, $L_2 = L/2$.
- 6) Calculer les matrices élémentaires et assembler le système global $K u = f$.
- 7) Appliquer les conditions aux limites et calculer les déplacements aux nœuds du maillage.

THERMIQUE – 8 QUESTIONS – 6 POINTS AU TOTAL

Barème : 0.75 point à gagner ou à perdre par question. Une seule réponse par question.
Bonne réponse : + 0.75
Pas de réponse : 0
Mauvaise réponse : - 0.75

1) On considère une ligne reliant deux keypoints (fig. 2). Une température de 30 °C est appliquée sur la ligne avec ANSYS. Le maillage automatique a généré trois nœuds positionnés sur la ligne comme indiqué sur la figure 2. Quelle température sera prise en compte sur chacun de ces nœuds ?

- A] 10 °C
- B] 30 °C
- C] 90 °C
- D] Aucune car ANSYS génère une erreur.



2) Le menu de la figure 3 a été appliqué à un élément PLANE55. Quelle sera la génération de chaleur appliquée aux nœuds de l'élément ?

- A] 60 °C
- B] 60 W
- C] 240 W
- D] 60 W/m²
- E] 60 W/m³

STLOC Starting location N	1
VAL1 Load HGEN at loc N	60
VAL2 Load HGEN at loc N+1	60
VAL3 Load HGEN at loc N+2	60
VAL4 Load HGEN at loc N+3	60

Figure 3 – Chargement Heat Generation

3) Le menu de la figure 4 a été appliqué à un élément SOLID70.

Quelle sera la valeur de la génération de chaleur au nœud 8 de l'élément ?

- A] 50
- B] 60
- C] 70
- D] 80
- E] Aucune. Les données ne permettent pas d'appliquer une génération de chaleur au nœud 8.

STLOC Starting location N	4
VAL1 Load HGEN at loc N	50
VAL2 Load HGEN at loc N+1	60
VAL3 Load HGEN at loc N+2	70
VAL4 Load HGEN at loc N+3	80

Figure 4 – Chargement Heat Generation

- 4) On considère un maillage constitué de triangles générés avec des éléments PLANE55 d'ANSYS (figure 5). L'option axisymétrique est activée.

Le volume associé au maillage est :

- A] Un barreau infini
- B] Un cylindre plein
- C] Un cylindre creux
- D] Un cône
- E] Il n'y a pas de volume associé puisqu'on travaille en 2D.

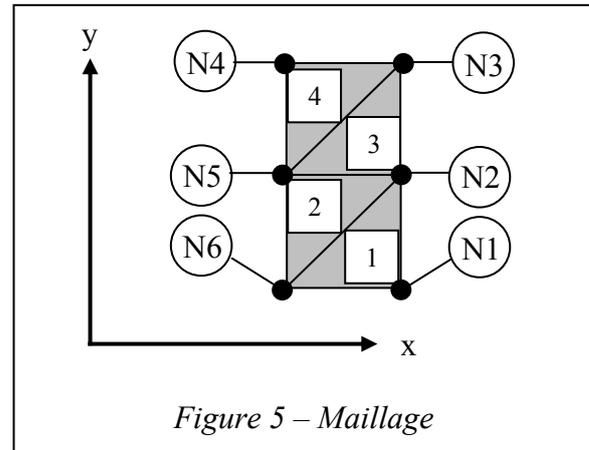


Figure 5 – Maillage

- 5) Il a été vu en TD qu'une intégration par partie faisait apparaître dans la formulation éléments finis un terme de bord qui implique l'expression $-\underline{t} \cdot \underline{n}$. Pour lister la donnée associée à ce terme avec ANSYS, quel menu doit-on activer ?

- A] List/Loads/DOF Constraints
- B] List/Loads/Forces
- C] List/Loads/Surface
- D] List/Loads/Body

- 6) Quel est l'opérateur différentiel qui pilote la diffusion de la chaleur en conduction ?

- A] Divergence du rotationnel
- B] Divergence du gradient
- C] Gradient de la divergence
- D] Gradient du rotationnel

- 7) Comment s'appelle la loi $\underline{q} = - \underline{grad}T$ qui a été vu en cours et en TD ?

- A] Loi de Hooke
- B] Loi de Fourier
- C] Loi de Planck
- D] Loi d'Einstein

- 8) Quel est le coefficient de proportionnalité entre « thermal flux » et « thermal gradient » ?

- A] Le coefficient de Poisson
- B] Le module d'Young
- C] Le coefficient d'échange
- D] L'opposé du coefficient d'échange
- E] La chaleur spécifique à volume constant
- F] La chaleur spécifique à pression constante
- G] La conductivité
- H] L'opposé de la conductivité