

**Sujet 1 (7 points) :**

Déterminer le système  $\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{f}$  pour une structure composée d'une plaque et deux poutres (en flexion simple), voir la Fig.1 La plaque est maillée avec 4 éléments à 4 nœuds. Tenir compte de la symétrie et respecter la numérotation des nœuds et des éléments.

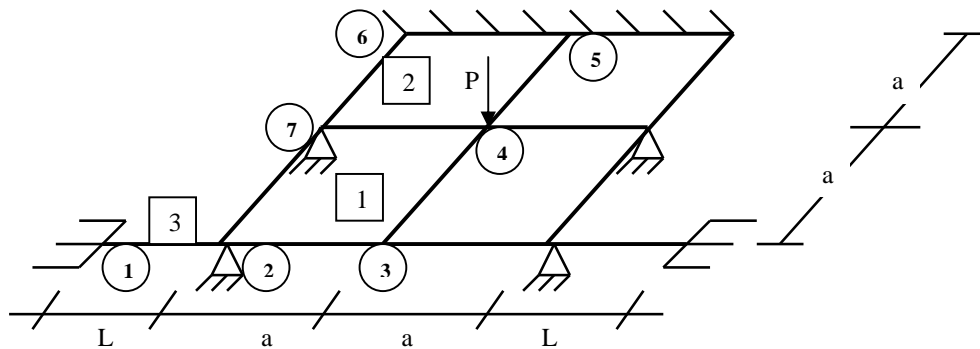


Fig. 1

On rappelle la matrice de rigidité de l'élément de poutre en flexion simple :

$$K^e = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

A.N. :  $EI=1.$ ,  $L=1.$



**Sujet 2 (7 points) :**

Considérons une poutre épaisse avec deux maillages différents : a) 4 éléments rectangulaires à 4 nœuds (Q4), Fig. 2a, et b) 4 éléments triangulaires à 3 nœuds (CST), Fig. 2b. On applique un chargement réparti constant  $q=10\text{kN/m}$  sur la surface supérieure.

- On demande de calculer les forces nodales équivalentes pour les deux maillages.
- Commentaires.

Remarque : Adapter les fonctions de forme définies dans le Cours N°5.

On rappelle les fonctions de forme :

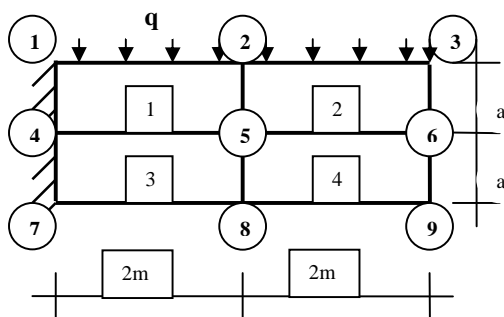
Elément Q4

$$N_1 = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 - \eta), \quad N_2 = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 - \eta), \quad N_3 = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 + \eta), \quad N_4 = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 + \eta)$$

$$-1 \leq \xi \leq 1, \quad -1 \leq \eta \leq 1$$

Elément CST

$$N_1 = 1 - \xi - \eta, \quad N_2 = \xi, \quad N_3 = \eta, \quad 0 \leq \xi \leq 1, \quad 0 \leq \eta \leq 1$$



$$a=1\text{m}, \quad b=2\text{m}$$

Fig. 2a

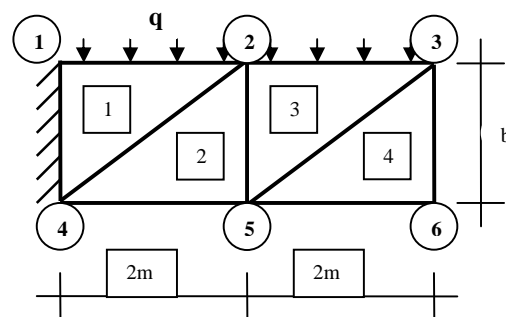


Fig. 2b

**Sujet 3 (6 points) :**

Choisir la bonne réponse :

1. L'élément CST pour les problèmes d'élasticité 2-D possède une caractéristique suivante :
  - A. les déplacements sont linéaires dans l'élément.
  - B. les contraintes sont linéaires dans l'élément.
  
2. Dans le calcul des structures linéaires (en petits déplacements et petites déformations) les équations cinématiques sont écrites dans
  - A. la configuration non déformée.
  - B. la configuration déformée.
  
3. Dans l'élément de coque mince axisymétrique à 2 nœuds et 3 ddl par nœud, les déplacements radiaux sont approximés par un polynôme
  - A. quadratique.
  - B. cubique.
  
4. Les résultats d'analyse modale sont utilisés dans
  - A. la méthode de superposition modale.
  - B. la méthode explicite d'intégration dans le temps par différences finies.
  
5. La méthode de condensation de Guyan a pour objectif
  - A. améliorer la précision du calcul des fréquences de vibrations.
  - B. réduire la taille du problème aux valeurs propres.
  
6. La méthode de convergence de type  $p$  concerne
  - A. raffinement du maillage.
  - B. augmentation du degré d'approximation des fonctions de forme.