

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC
SESSION DE MAI 2013

Toute documentation permise
Calculatrice : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

98-Civ-B1
Analyse avancée des structures

Note : Toutes les structures suivantes ont un comportement linéaire élastique.

Question 1 (25 points) :

Considérez la structure illustrée ci-dessous (figure 1). Utilisez la méthode matricielle des déplacements ($[K][U] = [P]$). Le cas de chargement est illustré en (a) et la numérotation des nœuds et des éléments est indiquée en (b). La membrure #3 est un élément treillis. L'appui au nœud 3 ne permet que le déplacement horizontal. Utilisez les unités [kN] et [m].

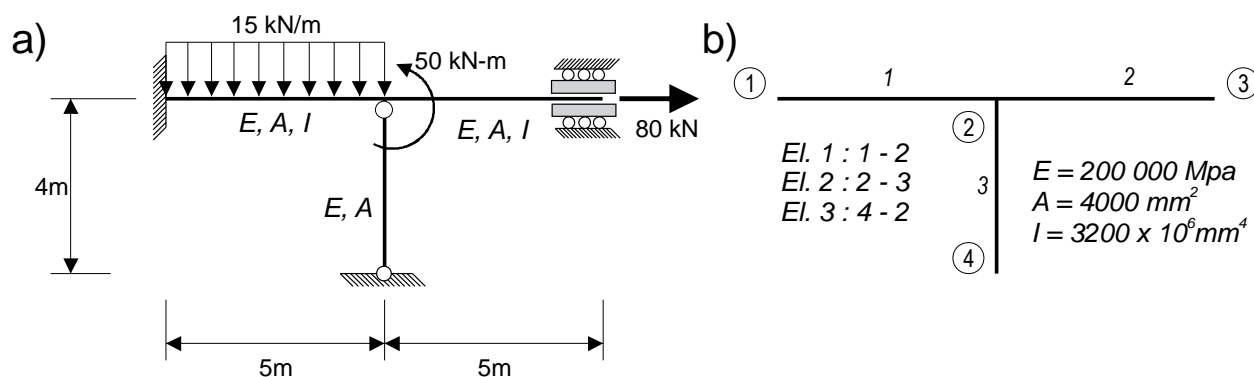


Figure 1

- a) (10 pts) Écrivez les matrices élémentaires $[K_1]_{6 \times 6}$ et $[K_3]_{6 \times 6}$ en coordonnées **globales**.
b) (15 pts) Assemblez la matrice de rigidité globale $[K]_{4 \times 4}$.
Important : la matrice de rigidité globale aura une taille de **4x4**.

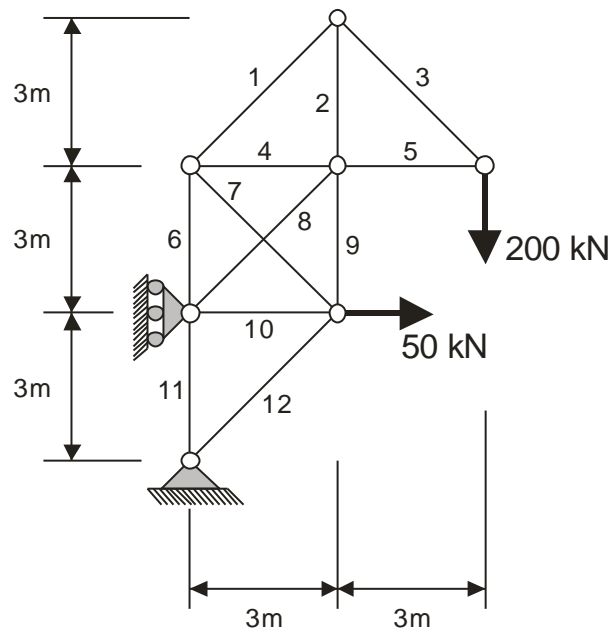
Question 2 (35 points) :

Considérez la structure illustrée ci-dessus (figure 1). Utilisez les unités [kN] et [m] :

- a) (10 pts) Assemblez le vecteur de forces $[P]_{4 \times 1}$ pour le cas de chargement illustré en (a) sur la Figure 1.
b) (5 pts) Calculez et tracez les **4** déplacements $[U]_{4 \times 1}$. Remarquez que certaines équations sont découplées.
c) (20 pts) Calculez les efforts internes et tracez les diagrammes d'effort axial, de cisaillement et de moment.

Question 3 (30 points) :

Calculez, pour le **treillis** illustré ci-contre (figure 2), les forces axiales dans chaque barre. Illustrez les efforts sur un croquis du treillis. Les barres son numérotées de 1 à 12.



$$E = 200\,000 \text{ Mpa}$$

$$A = 2000 \text{ mm}^2$$

Figure 2

Question 4 (10 points) :

Une plaque a été modélisée par éléments finis à l'aide d'éléments 2D à 4 nœuds. Les nœuds ont été numérotés de deux façons différentes, respectivement illustrées sur la figure 3(a) et 3(b). Discutez **brièvement** de l'effet de la numérotation sur la matrice de rigidité et sur l'efficacité de la résolution du problème.

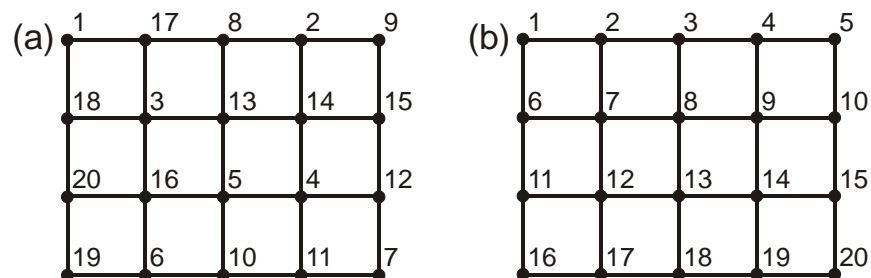


Figure 3