

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC  
SESSION DE NOVEMBRE 2012

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 ( $[K][U] = [P]$ ). La numérotation des nœuds, des éléments et des degrés de liberté est indiquée en (a). Le cas de chargement est illustré en (b). **Les membrures 4 et 5 sont des éléments de type treillis.** On suppose que la rigidité axiale de la poutre (membrures 1, 2 et 3) est très élevée, et que les degrés de liberté horizontaux sont donc négligés.

Utilisez les unités [kN] et [m].

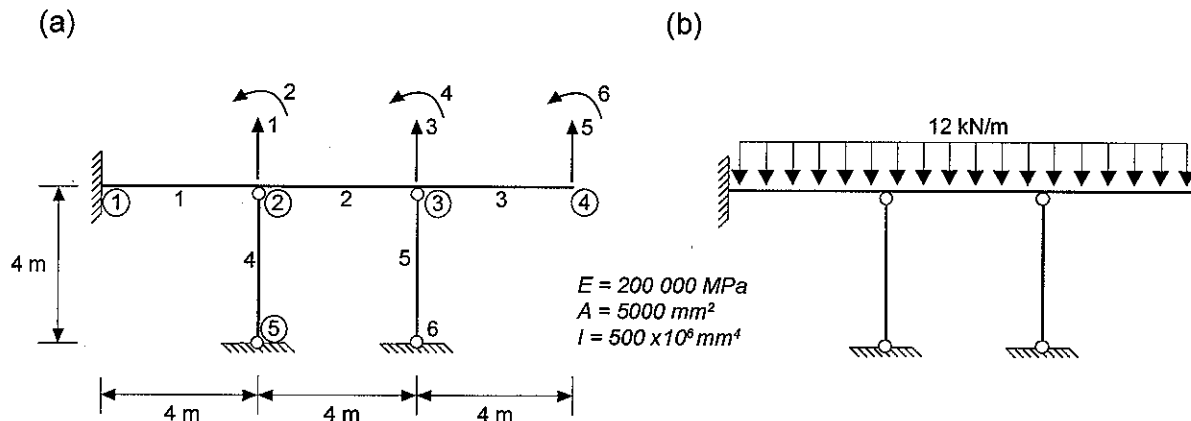


Figure 1

a) (10 pts) Écrivez les matrices élémentaires  $[K_1]_{6 \times 6}$  et  $[K_4]_{6 \times 6}$  en coordonnées **globales**.

b) (15 pts) Assemblez la matrice de rigidité globale  $[K]_{6 \times 6}$ .

**Important :** la matrice de rigidité globale aura une taille de **6x6**.

**Question 2 (30 points) :**

Considérez la structure illustrée ci-dessous (figure 1). Utilisez les unités [kN] et [m]. Supposez que les degrés de liberté en rotation sont négligés. La structure a maintenant **3 degrés de liberté** au total (DDL 1, 3 et 5 sur la figure 1a).

a) (10 pts) Assemblez la matrice de rigidité globale  $[K]_{3 \times 3}$ .

**Important :** la matrice de rigidité globale aura une taille de **3x3**.

b) (10 pts) Assemblez le vecteur de forces  $[P]_{3 \times 1}$  pour le cas de chargement illustré en (b) sur la Figure 1.

c) (10 pts) Calculez et tracez les **3 déplacements**  $[U]_{3 \times 1}$

**Question 3 (30 points) :**

Considérez le treillis illustré ci-dessous (figure 2). Calculez la **matrice de flexibilité** pour les 2 degrés de liberté indiqués uniquement. Suggestion : appliquez une force unitaire en 1 et calculez les déplacements en 1 et 2. Répétez ces étapes avec une force unitaire en 2.

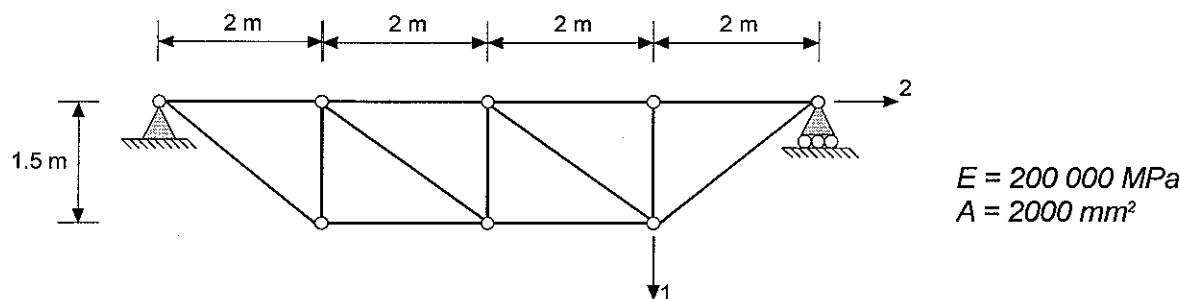


Figure 2

**Question 4 (15 points) :**

Deux modèles sont présentés ci-dessous (figure 3) pour une ferme de toit dont chaque membrure est constituée de double-cornières.

- Dans le premier cas (a), la ferme est modélisée comme un treillis, avec uniquement deux degrés de liberté en translation à chaque nœud et avec des membrures ayant une inertie nulle.
- Dans le deuxième cas (b), la ferme est modélisée comme une poutre, avec trois degrés de liberté à chaque nœud (2 translations et 1 rotation). Dans ce modèle (b), les cordes supérieures et inférieures sont continues, et les membrures de l'âme sont rotulées aux deux extrémités.

Pour le cas de chargement illustré (charges sur les nœuds de la corde supérieure), expliquez brèvement quelles seront les différences entre les deux modèles, en ce qui concerne les efforts internes (forces axiales, moments, efforts de cisaillement). Lequel des deux modèles devrait être utilisé pour le dimensionnement ?

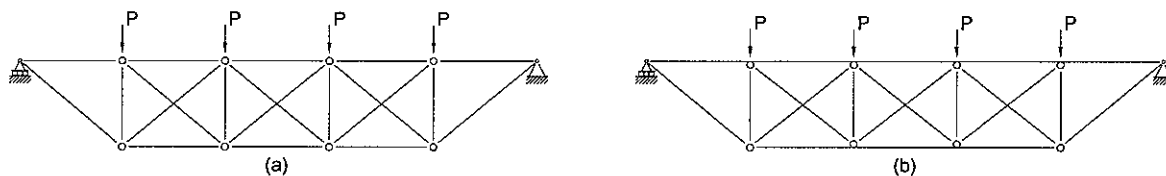


Figure 3