

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2013

Toute documentation permise

Calculatrices : modèles autorisés seulement

Durée de l'examen : 3 heures

07-BAT-B2 Analyse avancée des structures

Question 1 (30 points)

Calculez, pour le treillis de la Figure 1(a), les forces axiales dans chaque barre. Illustrez les efforts sur un croquis du treillis. Utilisez la méthode de flexibilité (des forces).

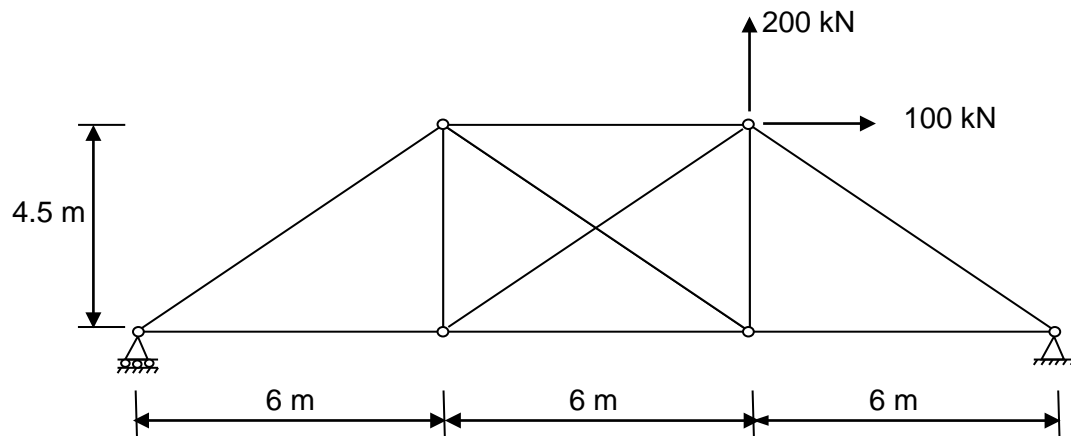
La numérotation des barres est indiquée dans (b).

Propriétés des membrures :

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

$A = 1200 \text{ mm}^2$

(a)



(b)

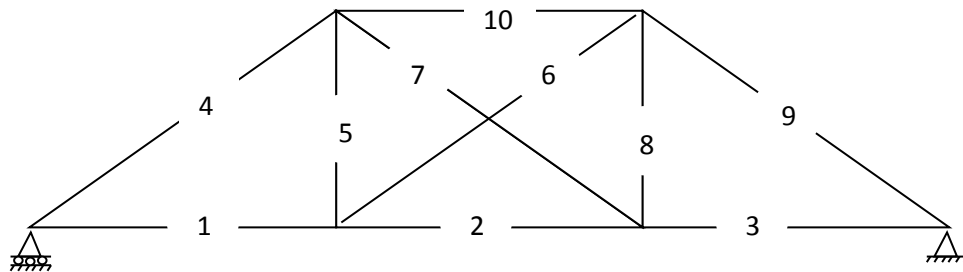


Figure 1

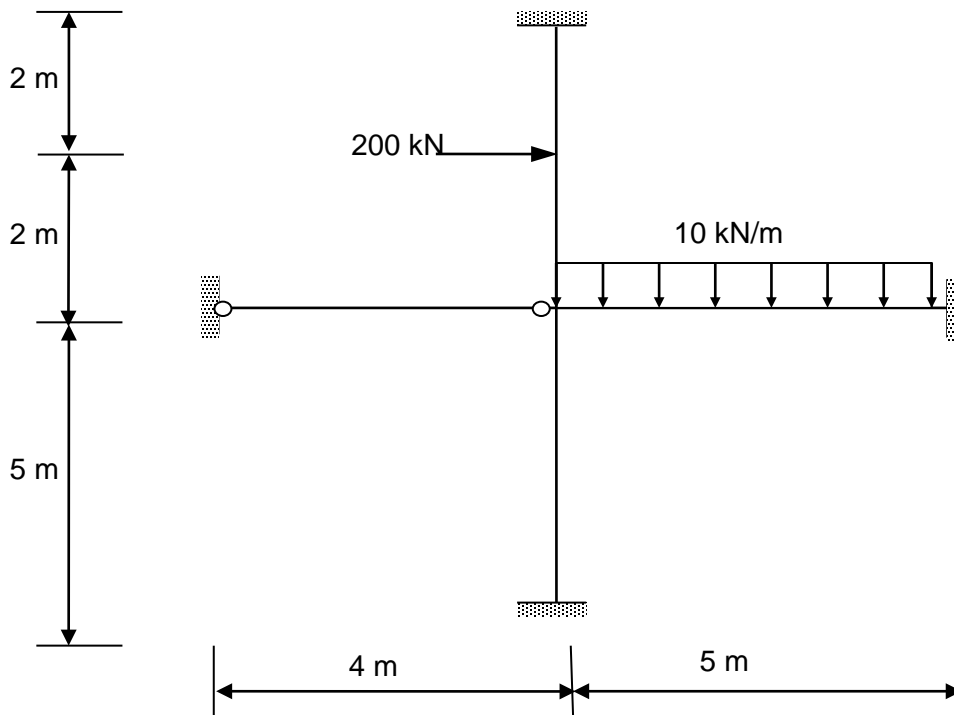
Question 2 (40 points)

Considérez la structure illustrée ci-dessous. Utilisez la méthode matricielle des déplacements ($[K][U] = [P]$). Le cas de chargement est illustré en (a). La numérotation des nœuds, des éléments et des degrés de liberté est indiquée en (b). L'élément 1 est un élément-barre avec pour seule force interne la force axiale. Utilisez les unités **[kN]** et **[m]**.

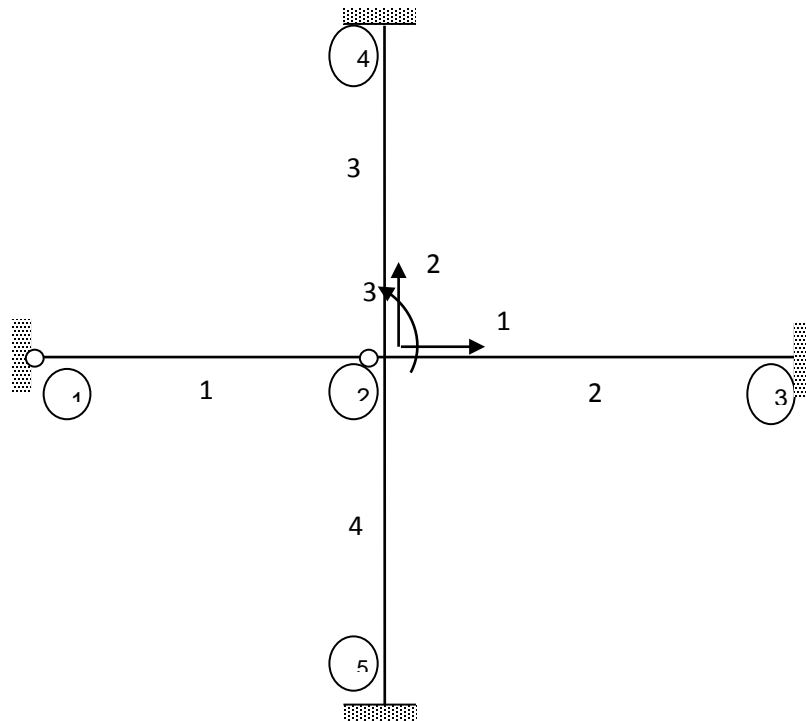
- Calculez les matrices de rigidité en **coordonnées globales** pour les éléments.
- Assemblez la matrice de **rigidité globale**, $[K]_{3 \times 3}$, pour la structure

$E = 200 \text{ GPa}$
 $A = 4000 \text{ mm}^2$
 $I = 20000 \text{ mm}^4$

(a)



(b)



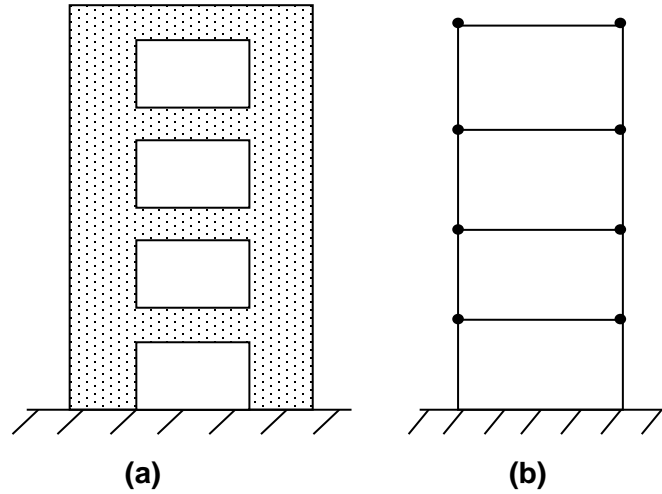
Question 3 (20 points)

Considérez le cadre illustré ci-dessus (Question 2). Utilisez les unités **[kN]** et **[m]**.

- Assemblez le vecteur des forces nodales **[P]** pour le cas de chargement illustré en (a).
- Calculez les 3 déplacements et tracez la déformée de la structure.

Question 4 (8 points)

Le système de résistance aux charges latérales en béton armé illustré à la figure ci-dessous en (a) est constitué de deux murs de refend et de quatre poutres de couplage. Un modèle simple par éléments finis est illustré en (b) et les nœuds sont situés sur l'axe central des deux murs. Expliquez brièvement comment on peut modéliser adéquatement les quatre poutres de couplage.



Question 5 (2 points)

Nommer deux avantages et deux inconvénients des structures hyperstatiques par rapport aux structures isostatiques.