

# ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2021

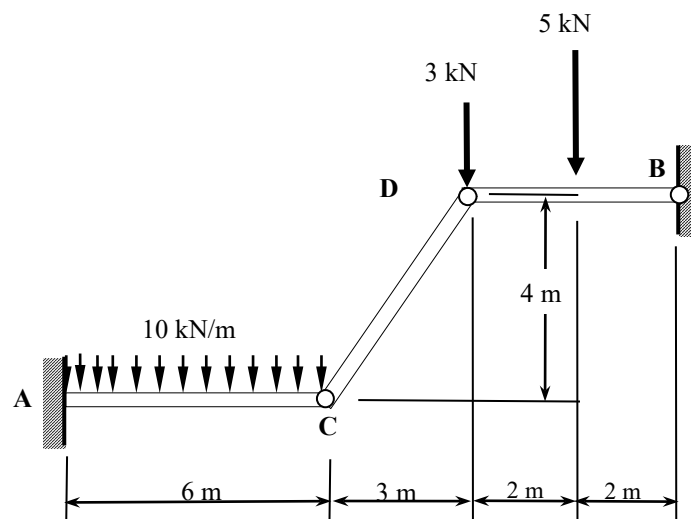
Toute documentation permise  
Calculatrices : modèles autorisés seulement  
Durée de l'examen : 3 heures

## 16-CI-A1 Analyse élémentaire des structures

### Question 1 (25%)

Pour la structure ACDB montrée à la *Figure 1*, on vous demande de calculer les réactions aux appuis A et B et de tracer le diagramme d'efforts normaux (DEN), le diagramme d'efforts tranchants (DET) et le diagramme des moments fléchissants (DMF) pour toutes les membrures. Pour chaque diagramme, indiquez les valeurs maximales et minimales et leur position le long de la structure.

*Note : le support en A est fixe, le support en B est rotulé les joints en C et D sont articulés (rotules).*



*Figure 1*

### Question 2 (25%)

La poutre ABCD montrée à la *Figure 2* est supportée par l'appui articulé en D (support rotulé) et par la membrure (tige) BE en B. On vous demande de calculer le déplacement horizontal au point A à l'aide **de la méthode de la charge virtuelle et des intégrales de Mohr**. Les intégrales de Mohr sont données au Tableau à la fin du questionnaire.

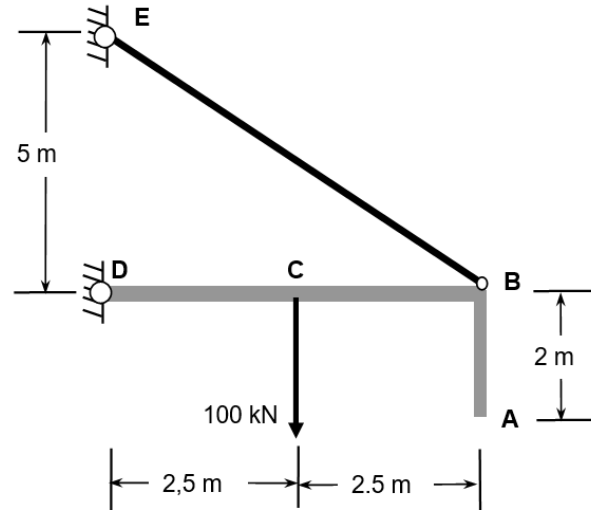
Négligez les déformations dues aux efforts normaux dans la poutre.

**Propriétés des sections**

$$E_{TIGE} = E_{POUTRE} = 70 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$A_{TIGE} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_{POUTRE} = 750 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$



**Figure 2**

**Question 3 (25%)**

Pour la structure en treillis montrée à la *Figure 3*, on vous demande d'utiliser **la méthode du travail virtuel** pour calculer :

- Le déplacement vertical du point C dû aux charges appliquées
- Le déplacement vertical du point C si les membrures DC et BC subissent une augmentation de température de 60°C (en plus des charges)

Pour toutes les membrures :

$$A = 250 \text{ mm}^2$$

$$E = 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

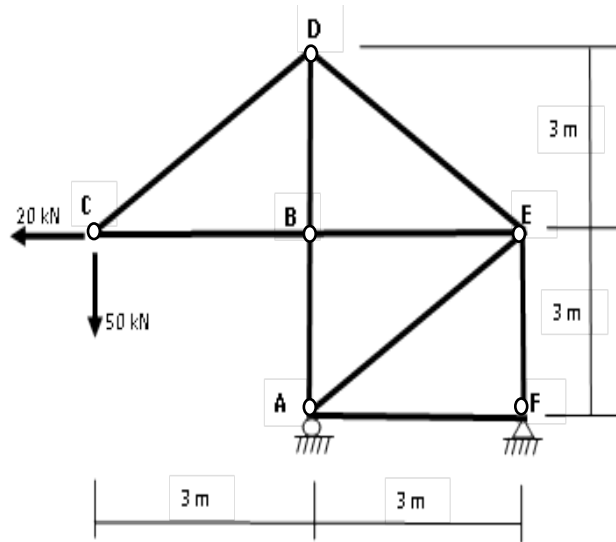


Figure 3

#### Question 4 (25%)

La poutre hyperstatique ABC montrée à la Figure 4 est encastrée en A et en C. On vous demande d'utiliser **la méthode des rotations** pour :

- Déterminer la rotation en B;
- Déterminer les moments aux extrémités des éléments AB et BC;
- Calculer les réactions aux appuis A, B et C et tracer les diagrammes de corps libres (*DCL*) des éléments AB et BC.

Considérez  $EI = 600 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$  pour toutes les membrures et négligez leur poids.

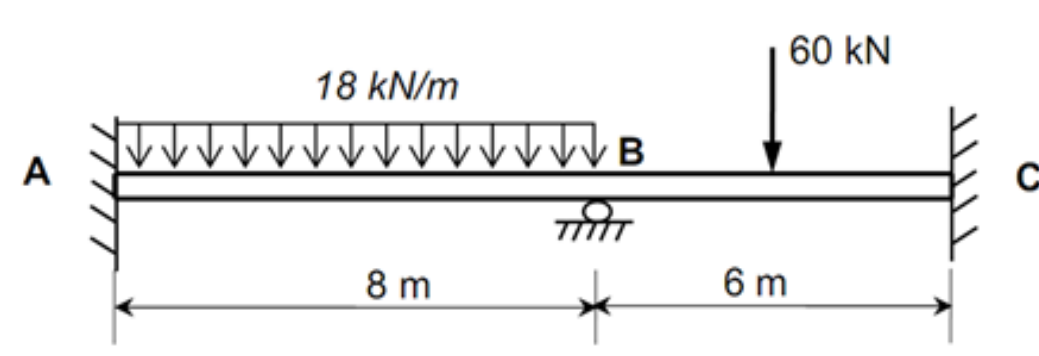







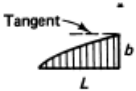
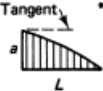
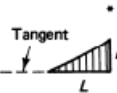


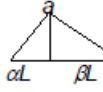


Figure 4

**Tableau 2 - Intégrales de Mohr  $\int_0^L f_1(x) f_2(x) dx$**

$f_1(x) \backslash f_2(x)$			
	$\frac{1}{2} Lbc$	$\frac{1}{3} Lbd$	$\frac{Lb}{6} (c + 2d)$
	$\frac{1}{2} Lac$	$\frac{1}{6} Lad$	$\frac{La}{6} (2c + d)$
	$\frac{L}{2} (a + b)c$	$\frac{Ld}{6} (a + 2b)$	$\frac{L}{6} (2ac + ad + 2bd + bc)$
	$\frac{2}{3} Lac$	$\frac{1}{3} Lad$	$\frac{La}{3} (c + d)$
	$\frac{2}{3} Lbc$	$\frac{5}{12} Lbd$	$\frac{Lb}{12} (3c + 5d)$
	$\frac{2}{3} Lac$	$\frac{1}{4} Lad$	$\frac{La}{12} (5c + 3d)$
	$\frac{1}{3} Lbc$	$\frac{1}{4} Lbd$	$\frac{Lb}{12} (c + 3d)$
	$\frac{1}{3} Lac$	$\frac{1}{12} Lad$	$\frac{La}{12} (3c + d)$
	$Lac$	$\frac{1}{2} Lad$	$\frac{1}{2} La(c + d)$
	$\frac{1}{2} Lac$	$\frac{1}{6} Lad(1 + \alpha)$	$\frac{1}{6} La[(1 + \beta)c + (1 + \alpha)d]$