

E4 : ANALYSE ET CALCUL DES STRUCTURES

Durée : 8 heures

Coefficient : 6

Sous-épreuve : MÉCANIQUE

(unité U 41)

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

Le dossier technique d'étude est commun aux épreuves E4 et E5

Composition du dossier :

- Dossier technique d'étude.

Présentation :	pages 1/2 et 2/2
Documentation :	pages doc 1/11 à 11/11
- Sujet : pages 1/6 à 6/6
- Annexe : tableau des intégrales de Mohr

Matériels et documents autorisés :

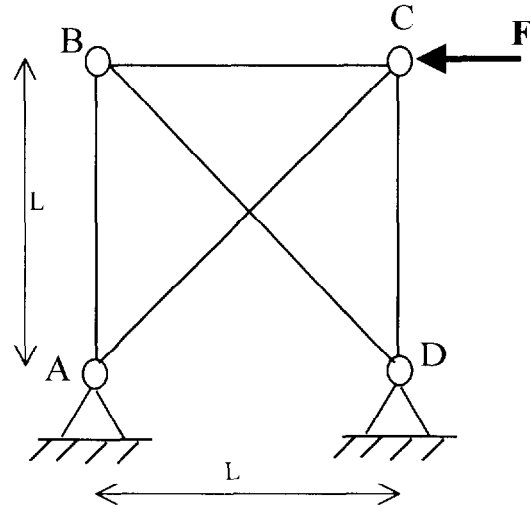
- Calculatrice conforme aux normes en vigueur
- Catalogue de profilés du commerce
- Règlements CM 66 Additif 80
- Règlements NV 65 et N 84 modifié 95
- Normes AFNOR (construction métallique)

*Pour toute l'épreuve de mécanique,
les caractéristiques des profilés utilisés sont
 E , pour le module de Young et I , pour l'inertie.*

QUESTION N°1

ÉTUDE D'UNE PALÉE DE STABILITÉ

Sous l'action du vent, on a le schéma mécanique suivant :

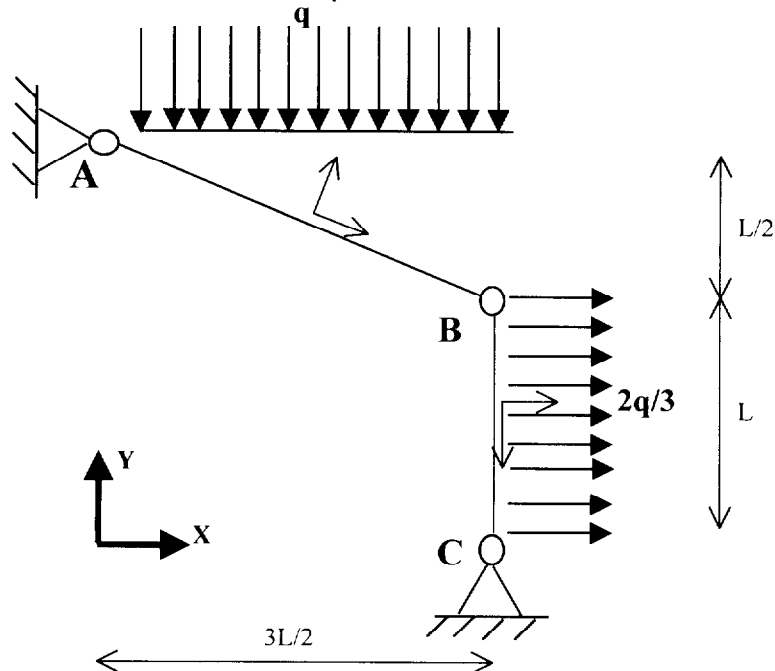


- 1.1/ En négligeant la barre AC, déterminer les actions de contact en A et D.
- 1.2/ Calculer les efforts dans toutes les barres et tracer le diagramme de N.
- 1.3/ Déterminer le déplacement horizontal en B.

barres	section
AB, CD	$4A$
BC	$2A$
BD	A

QUESTION N°2**A/ ÉTUDE DE L'APPENTIS ARTICULÉ EN B**

Sous l'action de la neige et du vent, on a le schéma mécanique suivant :



2.1.A/ Déterminer le degré d'hyperstaticité du système.

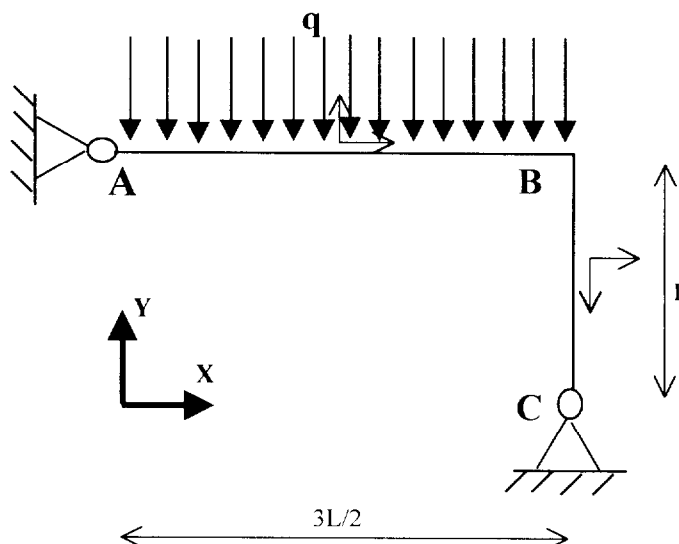
2.2.A/ Montrer que les actions de contact en A et en C valent : $X_A = -qL/3$ $X_C = -qL/3$
 $Y_A = 31qL/36$ $Y_C = 23qL/36$

2.3.A/ Tracer les diagrammes N, V, M.

B/ ÉTUDE DE L'APPENTIS ENCASTRÉ EN B

On envisage un encastrement en B.

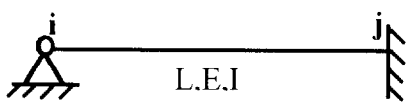
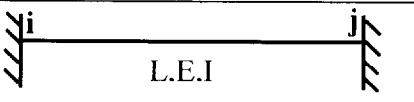
On utilisera, dans le cas de la neige, le schéma mécanique simplifié suivant :



2.1.B/ Déterminer le degré d'hyperstaticité du système.

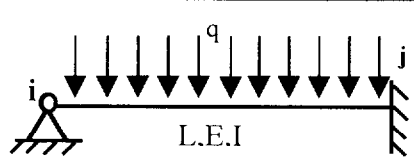
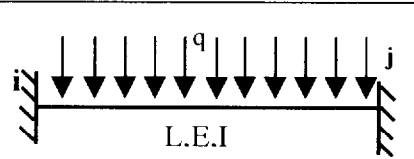
2.2.B/ En appliquant la méthode des déplacements, déterminer les moments M_{ij} exercés par les nœuds sur les barres.
On fera l'hypothèse simplificatrice de longueur invariable des barres.

On donne :

	
$M_{ij} = 0$ $M_{ji} = m_{ji}^0 + (3EI/L) \omega_j$	$M_{ij} = m_{ij}^0 + (4EI/L) \omega_i + (2EI/L) \omega_j$ $M_{ji} = m_{ji}^0 + (2EI/L) \omega_i + (4EI/L) \omega_j$

m_{ij}^0 : moment exercé par le nœud i sur la barre (ij) soumise au chargement seulement :

m_{ji}^0 : moment exercé par le nœud j sur la barre (ij) soumise au chargement seulement :

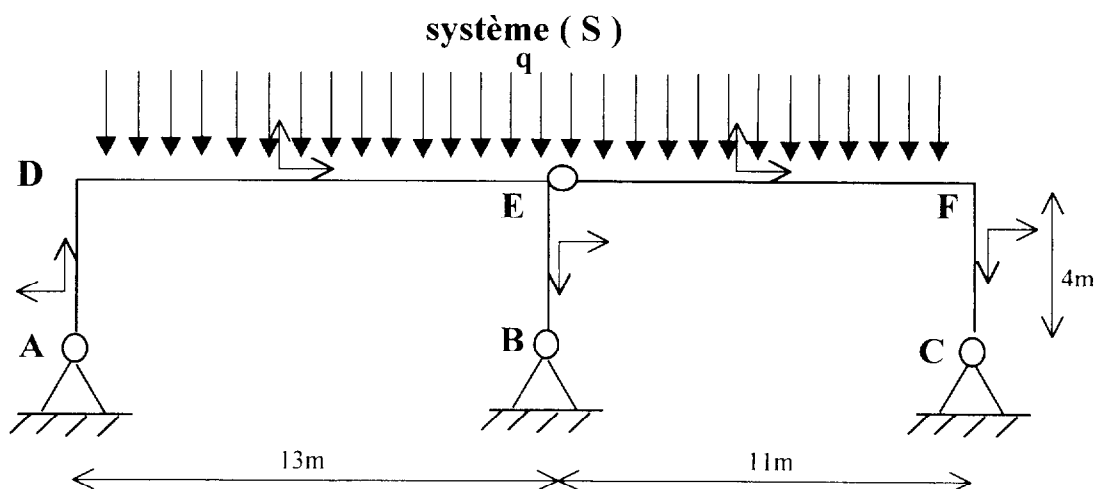
	
$m_{ji}^0 = -qL^2/8$	$m_{ij}^0 = qL^2/12$ $m_{ji}^0 = -qL^2/12$

2.3.B/ Tracer les diagrammes N, V, M et en déduire les réactions aux appuis.

QUESTION N°3

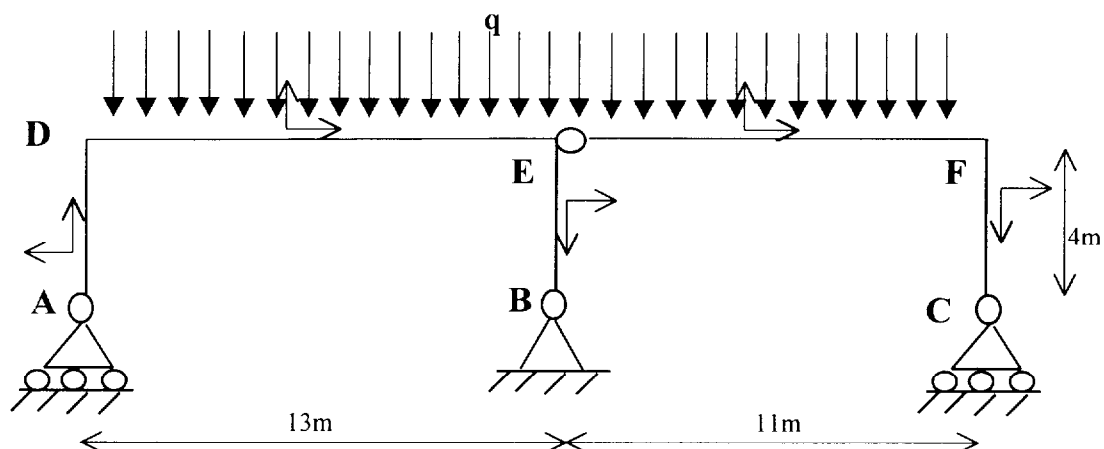
ÉTUDE DE LA STRUCTURE COMPLÈTE

Dans cette partie, on négligera les déformations dues à l'effort tranchant et à l'effort normal.
Sous l'action de la neige et du poids propre, le schéma mécanique simplifié de la structure devient :

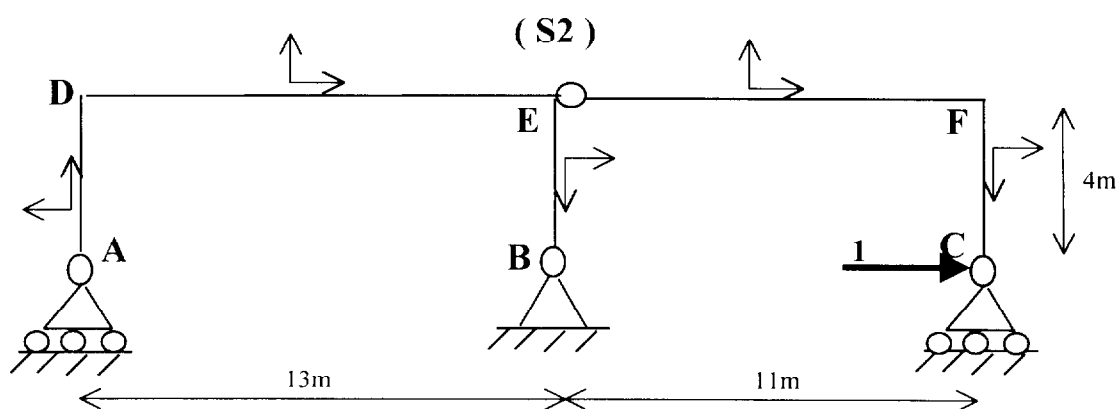
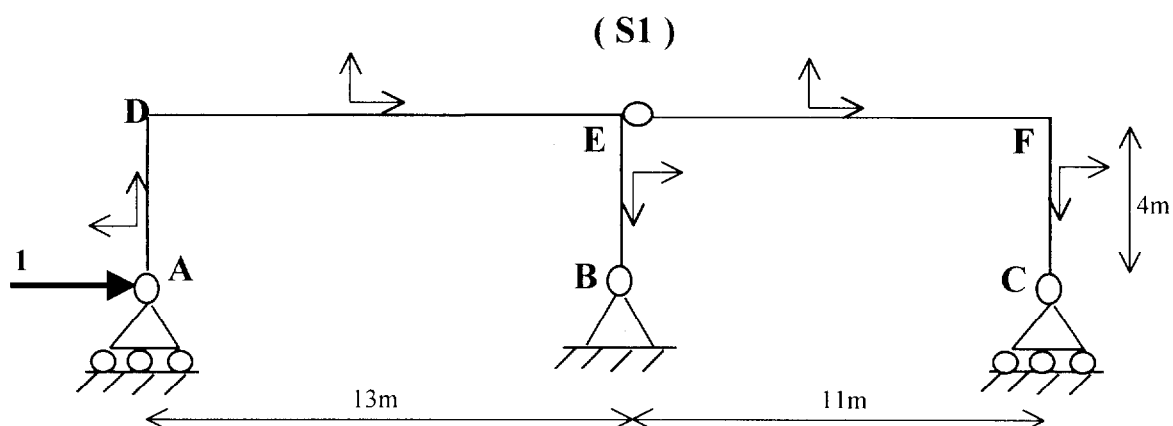


On prendra $q=400 \text{ daN/ml}$.

Pour la détermination des inconnues hyperstatiques de liaison, on utilisera le système isostatique associé (S0) suivant :



On utilisera, de même, les systèmes complémentaires (S1) et (S2) suivants :



3.1/ Déterminer le degré d'hyperstaticité de (S).

3.2/ Soient X_A et X_C , les inconnues hyperstatiques choisies, montrer que le système (S) peut se mettre en équation sous la forme :

$$S = S_0 + X_A S_1 + X_C S_2$$

$$X_A \delta_{11} + X_C \delta_{12} = -\Delta_{10}$$

$$X_A \delta_{12} + X_C \delta_{22} = -\Delta_{20}$$

Δ_{10} : déplacement en A dans le système (S₀)

Δ_{20} : déplacement en C dans le système (S₀)

$$\delta_{ij} = \int (M_i M_j / EI) dx$$

3.3/ Tracer les diagrammes de M pour (S₀), (S₁) et (S₂). En déduire les inconnues hyperstatiques X_A et X_C .

3.4/ Tracer les diagrammes V et M dans le système (S) pour les barres DE et BE. Déterminer la position des points remarquables et donner les valeurs correspondantes de V et M.

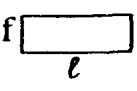
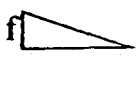
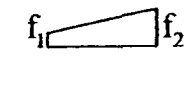
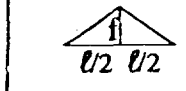
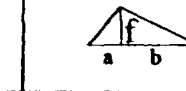
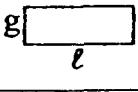
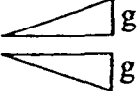
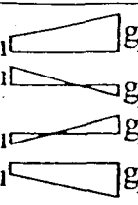
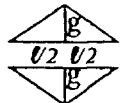
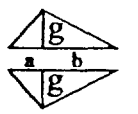
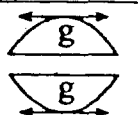
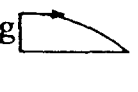
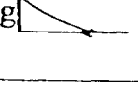
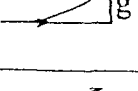
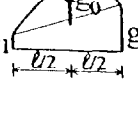
Remarque : ces dernières questions (3.3 et 3.4) seront traitées numériquement.

Intégrales de MOHR : $\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} f(x)g(x)dx$

à multiplier par $\frac{\ell}{EI}$ pour M_f , $\frac{\ell}{EA}$ pour N , $\frac{\ell}{GA_t}$ pour V ou $\frac{\ell}{GJ}$ pour M_t

avec : ℓ = longueur du tronçon d'intégration

$\alpha = a/\ell$ et $\beta = b/\ell$

$\begin{array}{c} f(x) \\ \backslash \\ g(x) \end{array}$						
	fg	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{2}(f_1 + f_2)g$	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{2}fg$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{6}fg$	$\frac{1}{6}(f_1 + 2f_2)g$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{6}fg(1 + \alpha)$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{6}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{6}(2f_1 + f_2)g$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{6}fg(1 + \beta)$
	$\frac{1}{2}f(g_1 + g_2)$	$\frac{1}{6}f(g_1 + 2g_2)$	$\frac{1}{6}f(2g_1 + g_2)$	$\frac{1}{6}(2f_1g_1 + 2f_2g_2 + f_1g_2 + f_2g_1)$	$\frac{1}{4}f(g_1 + g_2)$	$\frac{1}{6}f[g_1(1 + \beta) + g_2(1 + \alpha)]$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{4}(f_1 + f_2)g$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{12}fg(3 - 4\alpha^2)/\beta$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{6}fg(1 + \alpha)$	$\frac{1}{6}fg(1 + \beta)$	$\frac{1}{6}[f_1(1 + \beta) + f_2(1 + \alpha)]g$	$\frac{1}{12}fg(3 - 4\alpha^2)/\beta$	$\frac{1}{3}fg$
	$\frac{2}{3}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{3}(f_1 + f_2)g$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{3}fg(1 + \alpha\beta)$
	$\frac{2}{3}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{12}(5f_1 + 3f_2)g$	$\frac{17}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(5 - \alpha - \alpha^2)$
	$\frac{2}{3}fg$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{12}(3f_1 + 5f_2)g$	$\frac{17}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(5 - \beta - \beta^2)$
	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{12}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{12}(3f_1 + f_2)g$	$\frac{7}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(1 + \beta + \beta^2)$
	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{12}(f_1 + 3f_2)g$	$\frac{7}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(1 + \alpha + \alpha^2)$
	$\frac{1}{6}f(3g_1 + 3g_2 + 4g_0)$	$\frac{1}{6}f(g_1 + 2g_2 + 2g_0)$	$\frac{1}{6}f(2g_1 + g_2 + 2g_0)$	$\frac{f_1}{6}(2g_1 + g_2 + 2g_0) + \frac{f_2}{6}(g_1 + 2g_2 + 2g_0)$	$\frac{1}{4}f(g_1 + g_2 + \frac{5}{3}g_0)$	$\frac{1}{6}f[g_1(1 + \beta) + g_2(1 + \alpha) + 2g_0(1 + \alpha\beta)]$

Nota : f, f_1, f_2, g, g_0, g_1 et g_2 sont à prendre en valeur algébrique.