



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

SESSION 2012

E4 : Analyse et Calcul des Structures

U4.1 Mécanique

Durée : 4 h – coefficient : 3

Contenu du dossier

Questions	pages 2/8 et 5/8
Documents réponse	pages 6/8 et 7/8
Annexe	page 8/8
Nombre total de pages : 8 pages A3	numérotées de 1/8 à 8/8

Barème indicatif

Exercice 1 : 6 points	Exercice 3 : 5 points
Exercice 2 : 5 points	Exercice 4 : 4 points

Recommandations

Le dossier technique d'étude est commun aux épreuves E4 et E5.
Les quatre parties (exercices) sont indépendantes. Dans une même partie, certaines questions sont indépendantes des précédentes.

Les documents réponses doivent tous être rendus avec la copie.

CODE ÉPREUVE : CMMECA	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : Constructions Métalliques
SESSION 2012	SUJET	ÉPREUVE : U4.1 Mécanique	Calculatrice autorisée
Durée : 4 h	Coefficient : 3	SUJET N° BTS/VP/12/3	Page : 1/8

EXERCICE 1 : étude du portique bureau file C

Le portique est modélisé par la figure 1 ci-dessous.

La modélisation des liaisons est la suivante :

- aux nœuds A et D : articulation ;
- au nœud C : ponctuelle.

La pente est négligée.

Le repère (x_0, y_0) est le repère global terrestre.

Les repères (x_ℓ, y_ℓ) sont les repères locaux attachés aux barres.

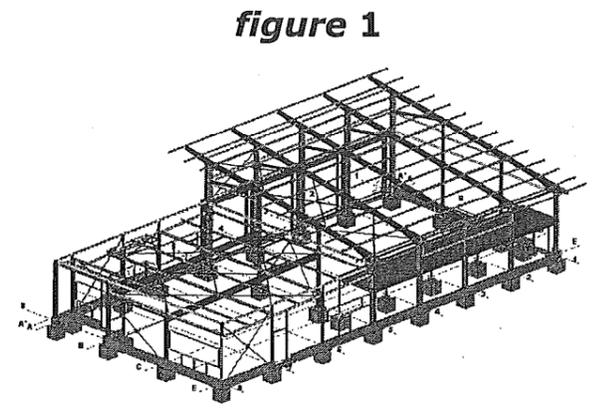
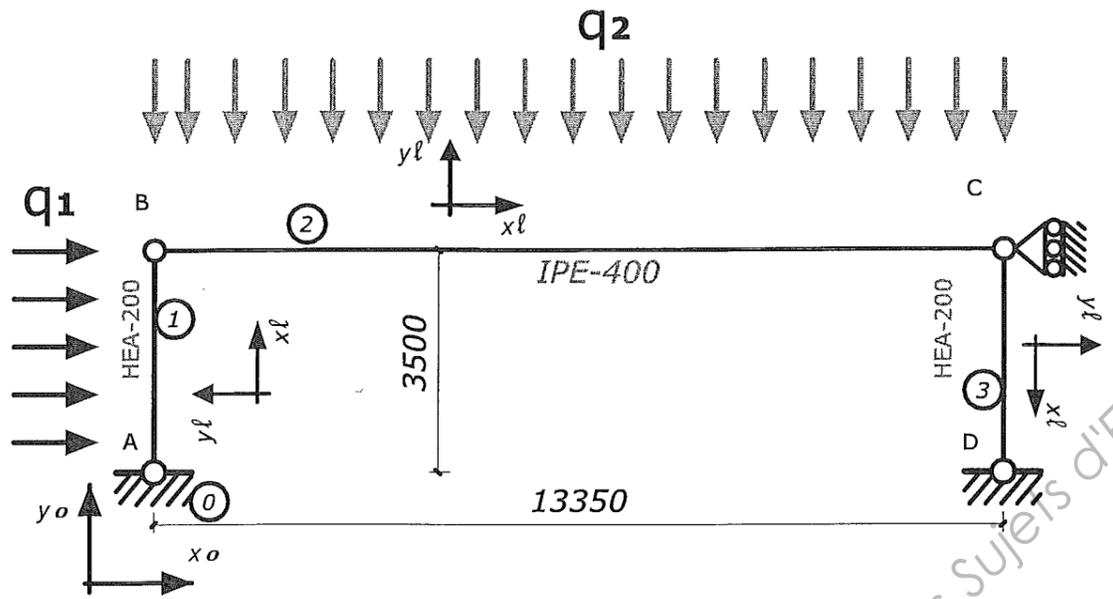
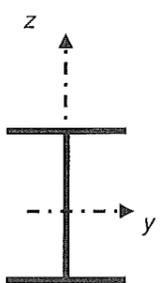


figure 1



Données :



Désignation	Aire A cm ²	Valeurs statiques	
		I _y cm ⁴	I _z cm ⁴
IPE 400	84,5	23130	1318
HE 200 A	53,8	3692	1336

$q_1 = 575 \text{ daN/m}$

$q_2 = 400 \text{ daN/m}$

TRAVAIL DEMANDE

- 1.1 Quel est le degré d'hyperstatisme de la structure ?
- 1.2 Sur le document DR1 figure 1 tracer les inconnues d'actions aux appuis et de liaisons entre barres.
- 1.3 Déterminer les valeurs des actions aux appuis dans le repère global.
- 1.4 Les actions aux appuis étant données sur le document réponse DR1, compléter celui-ci en traçant les diagrammes de l'effort normal $N(x)$, de l'effort tranchant $V(x)$ et du moment fléchissant $M_f(x)$ selon les repères locaux des poutres.
- 1.5 Calculer la contrainte maximale et identifier la position de cette contrainte sur la traverse, conclure.
- 1.6 Déterminer la flèche au milieu de la traverse par (les déformations dues à N et V sont négligées) :
 - le théorème de la charge unitaire (tracer une figure avec cette charge unitaire et le diagramme de moment unitaire M_1) ;
 - ou par la relation : $f_{\max} = \frac{5qL^4}{384EI}$

EXERCICE 2 : étude des stabilités partie bureau

Données

Les poteaux sont des HEA-200 de section $53,8 \text{ cm}^2$, le buton est en tube carré de 100×3 de section $11,4 \text{ cm}^2$ et les diagonales en tube carré de 50×4 de $7,2 \text{ cm}^2$.

Etude de la stabilité file 5

On étudie dans ces questions la stabilité de la file 5 sur la partie bureau de la structure.

2.3.1 Calculer les sollicitations dans les barres de la structure sous chargement horizontal unitaire appliqué en D (vers la droite).

2.3.2 Compléter le tableau dans le document réponse DR2.

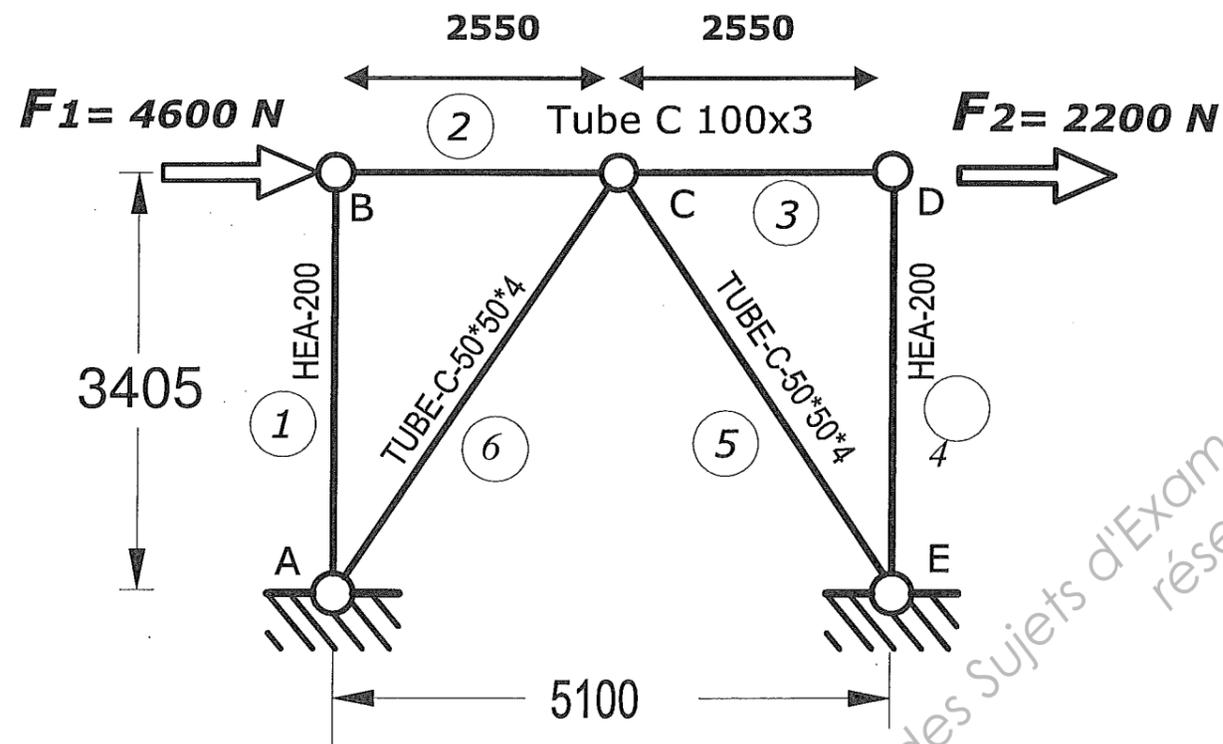


Figure 2

2.1 Déterminer le degré d'hyperstaticité de la structure figure 2.

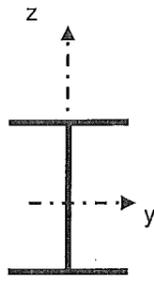
2.2 Calculer les sollicitations dans les barres à partir de l'équilibre successif des nœuds ou par la méthode de Ritter. Tracer le diagramme de $N(x)$ sur le document réponse DR2.

2.3 Calculer le déplacement horizontal au nœud D.

EXERCICE 3 : étude du long pan A

Données

Les poteaux sont des IPE-360 orientés suivant leurs faibles inerties, les butons sont en tube carré de 100×3 et la diagonale est une cornière à ailes égales CAE 50×5 .



Désignation	Aire A	Valeurs statiques	
		I_y	I_z
	cm^2	cm^4	cm^4
IPE-360	72,7	16265,6	1043,5
Tube Carré 50×3	11,4	177	177
Cornière CAE 50x5	4,8	17,8	4,55

$F=1125 \text{ daN}$

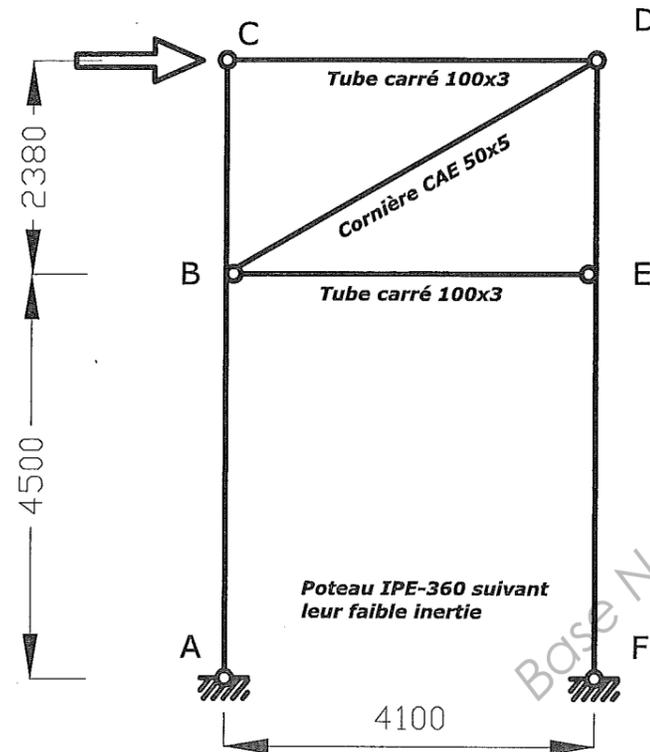


Figure 3

REMARQUE : Il ne s'agit pas d'un treillis mais d'une structure principalement sollicitée en flexion.

Dans cette partie on négligera les déformations dues à l'effort normal et à l'effort tranchant.

Sous l'action pondérée du vent la structure est modélisée par la structure ci-contre.

La figure 3 schématise la palée chargée, appelée système (S)

3.1 Déterminer le degré d'hyperstaticité globale de cette structure. Est-elle stable ?

3.2 En exploitant la méthode des forces (encore appelée méthode des coupures) déterminer les réactions aux appuis.

(choisir X_F comme inconnue hyperstatique)

3.2.1 Décomposer la structure : $S = S_0 + X_F \cdot S_1$. Tracer les structures et identifier les déplacements.

3.2.2 Tracer les diagrammes de M pour S_0 et S_1 , en déduire X_F .

3.2.3 Déterminer les réactions aux appuis.

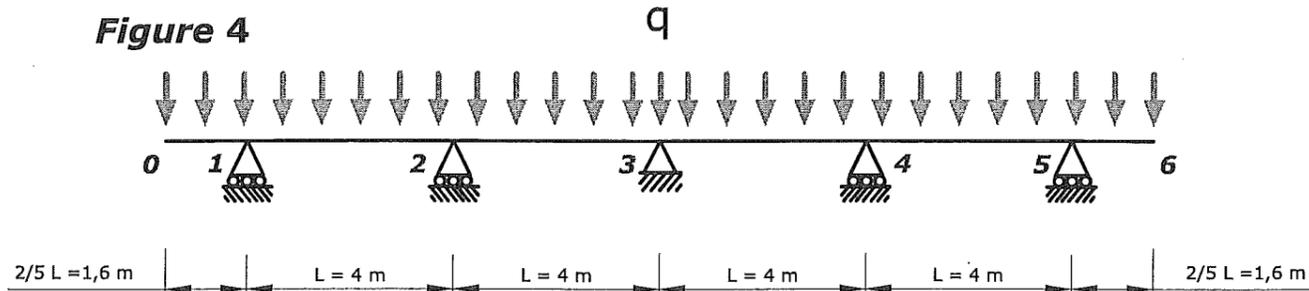
3.3 Avec la charge non pondérée $F = 750 \text{ daN}$, calculez le déplacement en tête de poteau, ce déplacement est-il acceptable ?

La condition à vérifier est $h/150$.

EXERCICE 4 : Etude d'une panne continue

Les pannes du bâtiment atelier peuvent être modélisées selon le schéma ci-dessous.

Figure 4



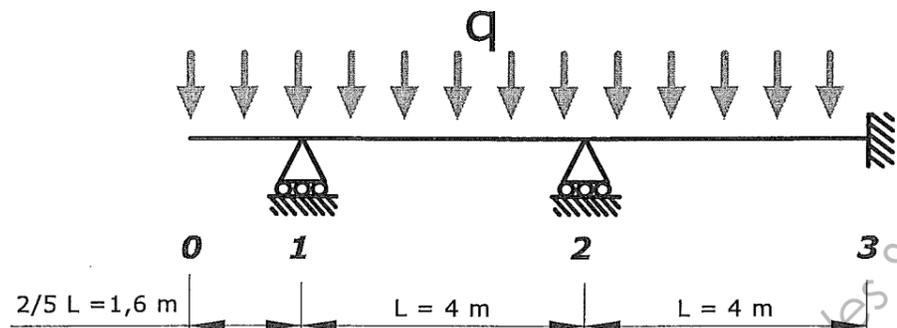
Données

Les pannes simples sont des IPE-100 en S 275, aire de la section $A = 10,32 \text{ cm}^2$, inertie de la section $I = 171 \text{ cm}^4$

$$q = 150 \text{ daN/m} \quad L = 4 \text{ m} \quad E = 210\,000 \text{ MPa}$$

Pour cet exercice, il est demandé d'utiliser la méthode des déplacements lors de la résolution (méthode des rotations) :

- Soit en adoptant le modèle de la demi-structure simplifiée suivante :



- Soit en adoptant le modèle simplifié suivant :

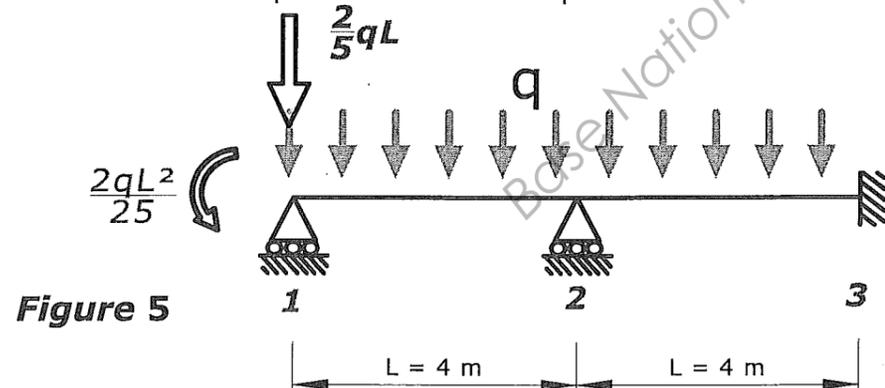


Figure 5

Travail demandé

4.1 Justifier les simplifications du modèle simplifié en rappelant les propriétés et particularités : de la structure, du chargement, des actions aux appuis, du diagramme de V , du diagramme de Mf , des déformations.

4.2 En développant la méthode des rotations, quelles sont les inconnues cinématiques.

- A partir du modèle choisi, tracer la déformée de la poutre.
- Placer les inconnues cinématiques.
- Démontrer les expressions littérales suivantes :

$$\omega_1 = -\frac{qL^3}{1050EI} \quad \text{et} \quad \omega_2 = \frac{qL^3}{4200EI}$$

4.3 Calculer les moments aux extrémités des poutres et tracer l'allure du diagramme de $M(x)$.

$$Mf(x) = \frac{M_{ji} + M_{ij}}{L} gx + (-M_{ij}) + m_{ij}(x)$$

Conditions :

- les moments d'action des nœuds sur les barres M_{ij} sont connus ;
- les charges propres sur travée (pas aux nœuds) sont connues.

Le moment fléchissant $Mf(x)$ sur une barre est obtenu par superposition des :

- moment fléchissant provoqué par la charge propre sur la travée de la barre isostatique noté $m_{ij}(x)$;
- moment provoqué par les moments d'action aux nœuds noté M_{ij} .

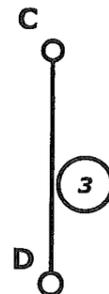
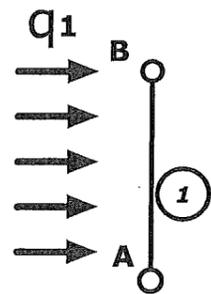
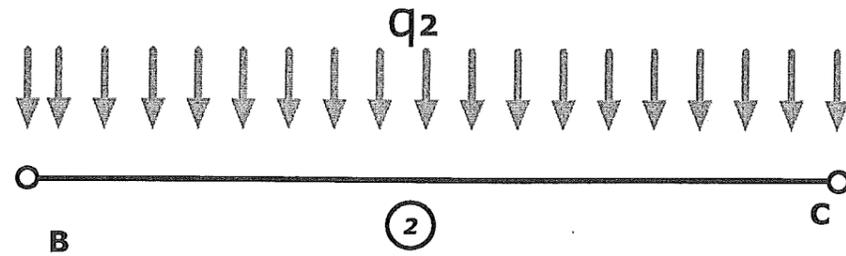
4.4 Calculer les réactions aux appuis 1, 2 et 3.

Recherche des inconnues aux appuis (on fait l'étude par tronçon)

$$T_{vij}(x) = -\frac{M_{ji} + M_{ij}}{L} + t_{vij}(x)$$

ETUDE DU PORTIQUE BUREAU FILE D

Questions 1-2



Application numérique

$$X_A = X_{0/1} = -1006,25 \text{ daN}$$

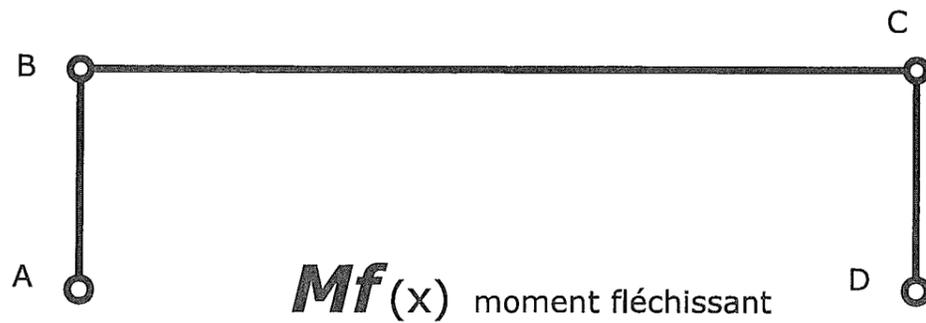
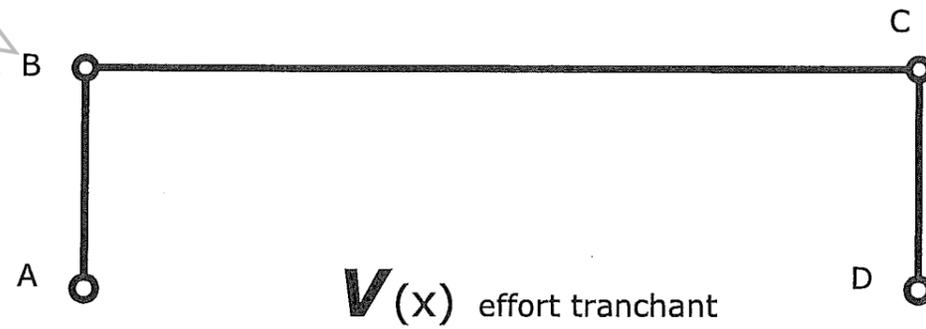
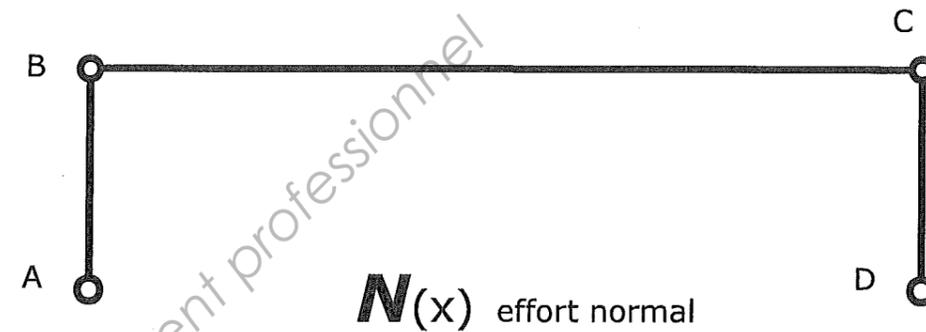
$$X_C = X_{0/2} = -1006,25 \text{ daN}$$

$$Y_A = Y_{0/1} = 2670 \text{ daN}$$

$$Y_D = Y_{0/3} = 2670 \text{ daN}$$

Questions 1-4

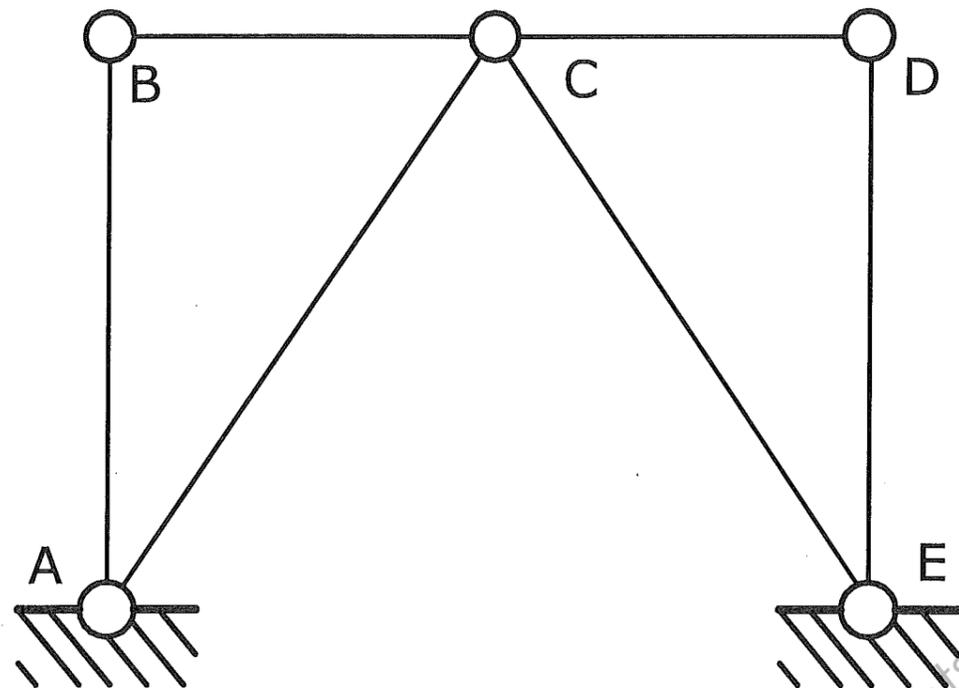
àagrafer en bas à droite sur la copie



DOCUMENT REPONSE DR2

Etude de la stabilité file 5

N



Barres	N_0 (daN)	N_1 Effort n dans le cas de la force unitaire au nœud F	l (mm)	A (mm ²)	δi (mm)
AB					
BC					
CD					
AC					
CE					
DE					
$\delta Dx =$			mm		

Par convention, $N > 0$ pour une barre en traction
 $N < 0$ pour une barre en compression
 On prendra $E = 210\,000$ MPa

àagrafer en bas à droite sur la copie

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

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

avec : ℓ = longueur du tronçon d'intégration
 $\alpha = a/\ell$ et $\beta = b/\ell$

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

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

Formulaire : méthode des déplacements

Equations de Wilson & Maney : structure à nœuds fixes

	$M_{AB} = M_{AB}^0 + \frac{3EI}{\ell} \omega_A$ $M_{BA} = 0$
	$M_{AB} = M_{AB}^0 + \frac{4EI}{\ell} \omega_A + \frac{2EI}{\ell} \omega_B$ $M_{BA} = M_{BA}^0 + \frac{2EI}{\ell} \omega_A + \frac{4EI}{\ell} \omega_B$

Moments d'encastremens parfaits :

	$M_{AB}^0 = \frac{q\ell^2}{8}$ $M_{BA}^0 = 0$
	$M_{AB}^0 = 0$ $M_{BA}^0 = -\frac{q\ell^2}{8}$
	$M_{AB}^0 = \frac{q\ell^2}{12}$ $M_{BA}^0 = -\frac{q\ell^2}{12}$
	$M_{AB}^0 = \frac{C}{2}$