

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES SESSION 2018

E4 : ANALYSE ET CALCUL DES STRUCTURES

U 41 Mécanique

Durée : 4h – Coefficient : 3

Contenu du dossier

Questionnaire : pages 2, 3, 4, 5.

Documents réponse :

DR 1 (page 6) à remettre impérativement avec sa copie,

DR 2 (page 7) à remettre impérativement avec sa copie.

Annexe 1 : Méthode des déplacements, rappel des équations intrinsèques, page 8.

Annexe 2 : Intégrales de Mohr, page 9.

Barème indicatif

Question 1 : 4 points

Question 2 : 4 points

Question 3 : 4 points

Question 4 : 4 points

Question 5 : 4 points

Matériel autorisé

Est considéré comme « calculatrice » tout dispositif électronique autonome, dépourvu de toute fonction de communication par voie hertzienne, ayant pour fonction essentielle d'effectuer des calculs mathématiques ou financiers, de réaliser des représentations graphiques, des études statistiques ou tous traitements de données mathématiques par le biais de tableaux ou diagrammes.

Les matériels autorisés sont les suivants :

- les calculatrices non programmables sans mémoire alphanumérique ;
- les calculatrices avec mémoire alphanumérique et/ou avec écran graphique qui disposent d'une fonctionnalité « mode examen » répondant aux spécificités suivantes :
 - la neutralisation temporaire de l'accès à la mémoire de la calculatrice ou l'effacement définitif de cette mémoire ;
 - le blocage de toute transmission de données, que ce soit par wifi, Bluetooth ou par tout autre dispositif de communication à distance ;
 - la présence d'un signal lumineux clignotant sur la tranche haute de la calculatrice, attestant du passage au « mode examen » ;
 - la non réversibilité du « mode examen » durant toute la durée de l'épreuve. La sortie du « mode examen » nécessite une connexion physique, par câble, avec un ordinateur ou une calculatrice.

CODE ÉPREUVE : CMECA	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : Constructions Métalliques	
SESSION 2018	SUJET	ÉPREUVE : U41 Mécanique		Calculatrice autorisée
Durée : 4h	Coefficient : 3		SUJET N°02VP14	Page : 1/9

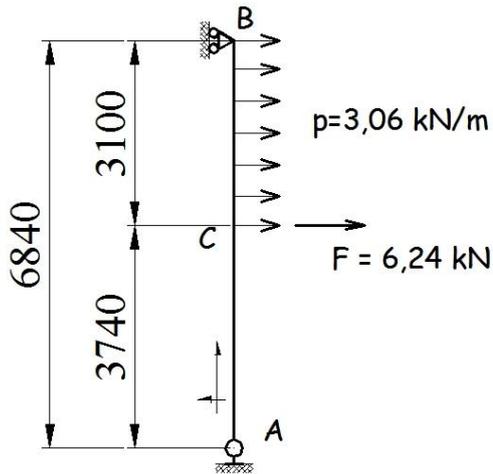
1° Étude des potelets de bardage en file 7 entre les files E et F

On s'intéresse au potelet de bardage le plus long de cette zone, afin de s'assurer que les critères de déformation demandés à l'ELS sont respectés.

Partie A

Le schéma mécanique et le chargement de vent à considérer sont les suivants :

Travail demandé :



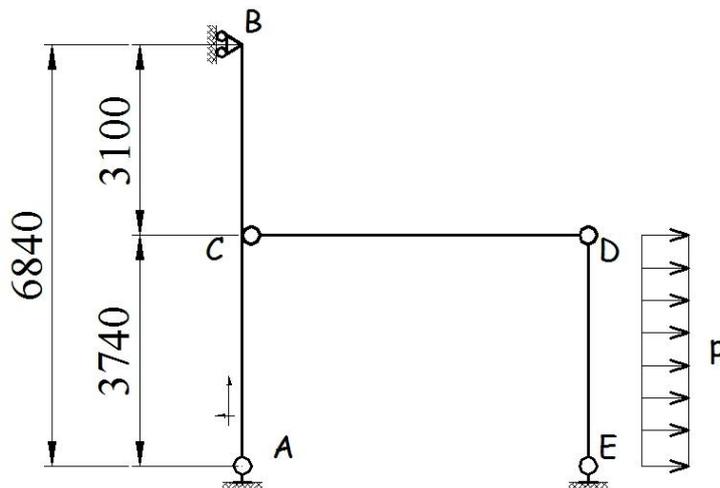
- 1.1 Calculer les actions aux appuis.
- 1.2 Tracer le diagramme $V(x)$.
- 1.3 Tracer le diagramme $M_f(x)$.
- 1.4 Calculer le déplacement horizontal du point C, en utilisant le théorème de la charge unité.

Nota : pour cette question, les déplacements dus aux efforts tranchants seront négligés.
L'inertie I_{GZ} à considérer est de 870 cm^4 .
On prendra $E = 210\,000 \text{ MPa}$.

Partie B

La charge $F=6,24 \text{ kN}$ de la partie 1 représente l'action de la barre CD sur le potelet AB.

Travail demandé :

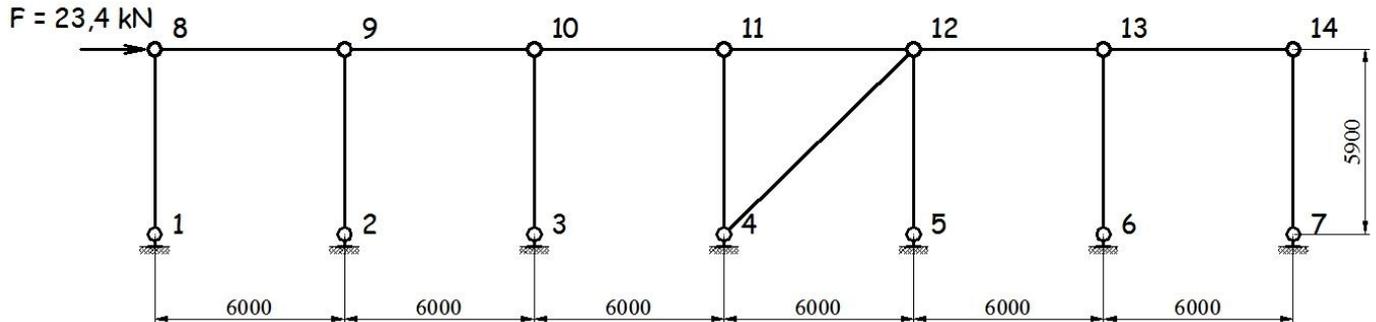


- 1.5 Vérifier qu'elle correspond à un chargement $p = 3,337 \text{ KN/m}$ sur la barre DE.

2° Étude de la stabilité file A

On s'intéresse au défaut de verticalité du poteau A7 consécutif à l'action du vent sur le pignon.

Le schéma mécanique à considérer est le suivant.



Travail demandé :

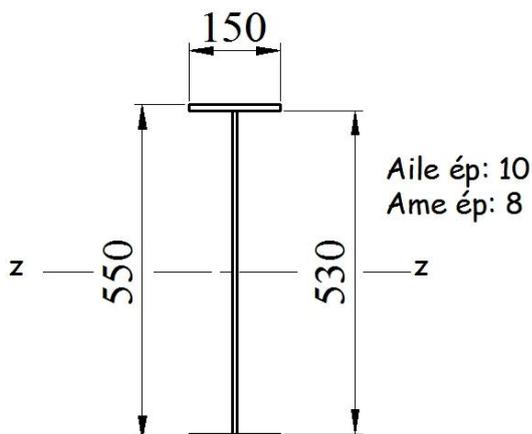
- 2.1 Calculer le degré d'hyperstaticité de cette structure.
- 2.2 En commençant par étudier l'équilibre des nœuds 8 et 14, calculer les efforts dans toutes les barres.
- 2.3 Calculer les réactions d'appuis.
- 2.4 Remplir le document DR1 afin de calculer le déplacement horizontal du nœud 8 en utilisant le théorème de la charge unité.

3° Étude d'un PRS

On s'intéresse ici au remplacement des traverses en IPE 400 par un PRS.

Les caractéristiques géométriques du PRS étudié sont les suivantes :

Travail demandé :



- 3.1 Calculer les caractéristiques par rapport à l'axe de forte inertie : z, et remplir le tableau du document DR1.
- 3.2 Conclure sur l'opportunité d'un tel changement, si l'on ne s'intéresse qu'à la forte inertie.

Nota : les caractéristiques de l'IPE 400 sont données dans le document DR1.

4° Étude de la stabilité file C

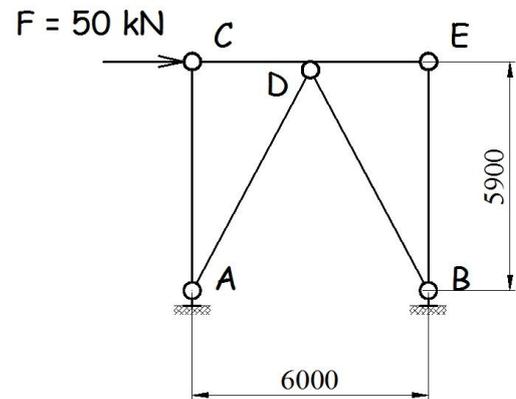
On s'intéresse à la stabilité longitudinale file C sous charge de vent.

Partie A : résolution par décomposition de chargements.

Travail demandé :

Pour cette structure symétrique :

- 4.1 Décomposer le chargement en un chargement symétrique et un chargement anti symétrique et **reporter vos réponses sur le document DR2.**
- 4.2 Dans la **modélisation anti symétrique**, rechercher les actions aux appuis.
- 4.3 Calculer les efforts induits dans cette structure par le chargement **anti symétrique** seulement et **reporter vos résultats dans le tableau du document réponse DR2.**
- 4.4 Calculer enfin **pour le chargement initial** les actions aux appuis, puis les efforts normaux dans toutes les barres et **compléter le tableau du document réponse DR2** en précisant s'il s'agit de traction ou de compression.



On donne :

Résultats pour le CHARGEMENT SYMÉTRIQUE

Barre	AC	AD	BD	BE	CD	DE
Effort en kN	0	0	0	0	25	25
Traction ou compression	-	-	-	-	compression	compression

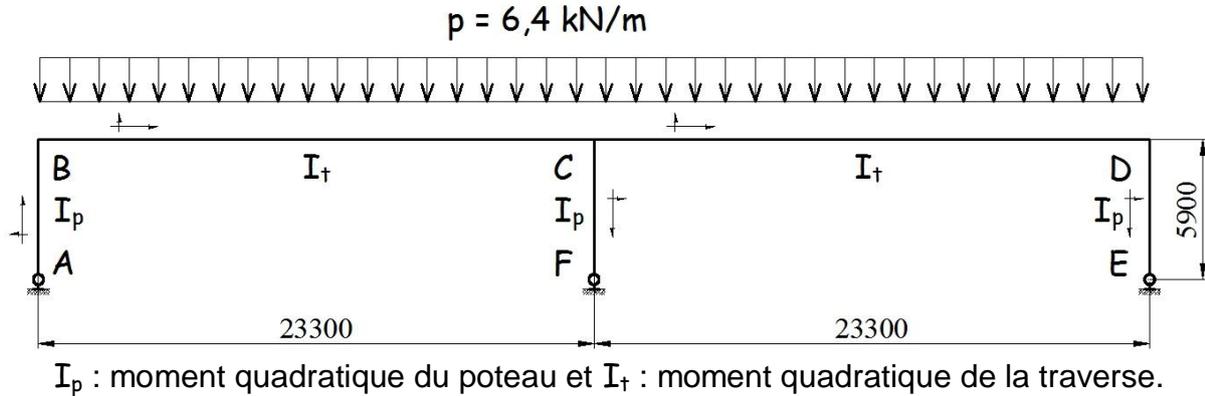
Partie B : résolution par la méthode des forces ou des coupures.

Travail demandé :

- 4.5 Calculer le degré d'hyperstaticité de cette structure.
- 4.6 Définir les schémas d'un système isostatique associé S_0 et du système isostatique à chargement unitaire S_1 , qui permettraient de développer une résolution par la méthode des forces ou des coupures et **reportez-les sur le document DR2.** Aucun calcul n'est demandé dans cette question.

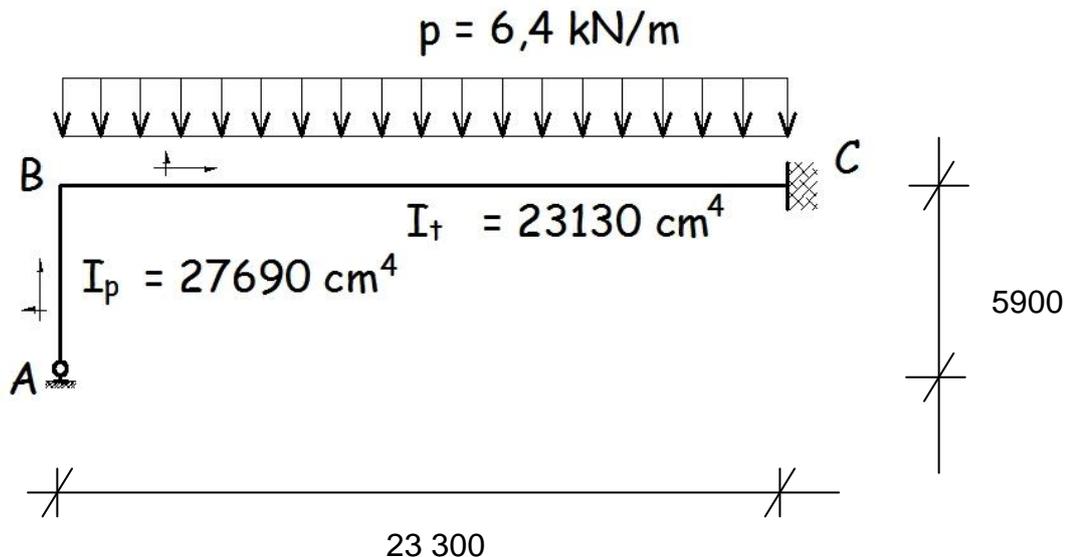
5° Étude du portique double nefs

Afin d'estimer rapidement le moment fléchissant à l'ELU dans les portiques, on étudie la structure simplifiée suivante où la pente est négligée.



Travail demandé :

5.1 Expliquer pourquoi cette étude peut se limiter à résoudre la structure suivante, si on néglige les déformations d'efforts normaux.



5.2 Résoudre la structure ci-dessus par la méthode des rotations. Pour cela :

- 5.2.1 Définir la ou les inconnue(s) cinématique(s).
- 5.2.2 Écrire l'équilibre des nœuds A et B.
- 5.2.3 Écrire les équations intrinsèques de moment en vous référant au tableau donné en annexe 1.
- 5.2.4 Calculer votre (vos) inconnue(s) cinématique(s).
- 5.2.5 Calculer les actions aux appuis de cette demi-structure.

Document Réponse DR1

Étude de la stabilité file A

Barre	N0	N1	Longueur (m)	Ai (cm ²)	$\Delta i_{(10)}$ (mm)
1-8			5,9	133,50	
2-9			5,9	133,50	
3-10			5,9	133,50	
4-11			5,9	133,50	
5-12			5,9	133,50	
6-13			5,9	133,50	
7-14			5,9	133,50	
8-9			6	13,6	
9-10			6	13,6	
10-11			6	13,6	
11-12			6	13,6	
12-13			6	13,6	
13-14			6	13,6	
4-12			8,41	4,8	

$\Delta_{10} =$

Déplacement du nœud 8 : _____ mm

Sens du déplacement : vers la gauche
 vers la droite

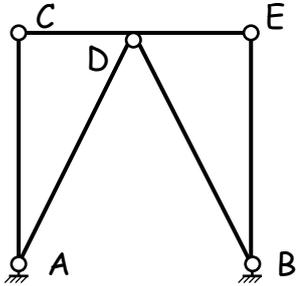
Étude d'un PRS : tableau des caractéristiques

	A en cm ² (Section)	I _{GZ} en cm ⁴ (Moment quadratique)	W _{plz} en cm ³ (Module de flexion plastique)	W _{elz} en cm ³ (Module de flexion élastique)	i _z en cm (Rayon de giration)
IPE 400	84,46	23130	1307	1156	16,55
PRS					

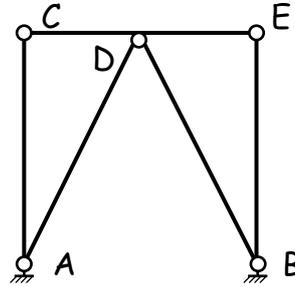
Document Réponse DR2

Partie A : résolution par décomposition de charges.

Décomposition du chargement initial



Chargement SYMÉTRIQUE



Chargement ANTI SYMÉTRIQUE

Vos résultats pour le CHARGEMENT ANTI SYMÉTRIQUE

Barre	AC	AD	BD	BE	CD	DE
Effort en kN						
Traction ou compression						

Vos résultats pour le CHARGEMENT INITIAL

Barre	AC	AD	BD	BE	CD	DE
Effort en kN						
Traction ou compression						

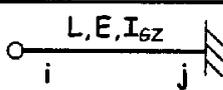
Partie B : résolution par la méthode des forces ou des coupures.

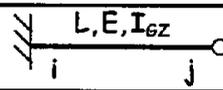
S0	S1
----	----

ANNEXE 1

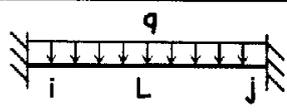
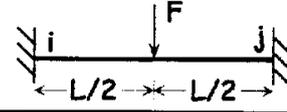
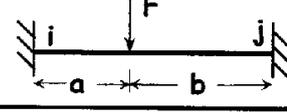
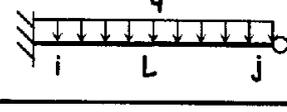
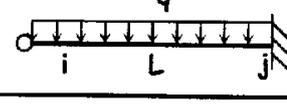
Equations intrinsèques

$M_{ij} = m_{ij}^{\circ} + (4EI_{GZ}/L) \cdot \omega_i + (2EI_{GZ}/L) \cdot \omega_j$ $M_{ji} = m_{ji}^{\circ} + (2EI_{GZ}/L) \cdot \omega_i + (4EI_{GZ}/L) \cdot \omega_j$	
---	---

$M_{ij} = 0$ $M_{ji} = m_{ji}^{\circ} + (3EI_{GZ}/L) \cdot \omega_j$	
--	---

$M_{ij} = m_{ij}^{\circ} + (3EI_{GZ}/L) \cdot \omega_i$ $M_{ji} = 0$	
--	---

Formulaire

	$m_{ij}^{\circ} = qL^2/12$	$m_{ji}^{\circ} = -qL^2/12$
	$m_{ij}^{\circ} = FL/8$	$m_{ji}^{\circ} = -FL/8$
	$m_{ij}^{\circ} = Fab^2/L$	$m_{ji}^{\circ} = -Fba^2/L$
	$m_{ij}^{\circ} = qL^2/8$	$m_{ji}^{\circ} = 0$
	$m_{ij}^{\circ} = 0$	$m_{ji}^{\circ} = -qL^2/8$

ANNEXE 2

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

à multiplier par $\frac{\ell}{EI}$ pour M_p , $\frac{\ell}{EA}$ 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 $\beta = b/\ell$

g(x) \ f(x)						
	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.