



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

SESSION 2014

### E4 : Analyse et Calcul des Structures

#### U4.2 Note de calculs

Durée : 4 h – Coefficient : 3

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

#### Contenu du dossier

- travail demandé : pages 1 et 2 ;
- document technique DT1 : pages 3 et 4 ;
- document technique DT2 : page 5 ;
- document réponse DR1 : page 6 ; à remettre avec la copie
- document réponse DR2 : page 7. à remettre avec la copie

#### Barème indicatif

- question 1 : 4 points ;
- question 2 : 5 points ;
- question 3 : 5 points ;
- question 4 : 6 points.

#### Documents autorisés

- catalogue de profilés ;
- règlements ou extraits de règlements en vigueur.

#### Recommandations

Les quatre questions peuvent être traitées de façon indépendante.

Une attention particulière sera portée au soin apporté à la rédaction et aux schémas.

CODE ÉPREUVE : 1206CME4CAL	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : Constructions Métalliques
SESSION 2014	SUJET	ÉPREUVE : U4 .2 Note de calculs	Calculatrice autorisée
Durée : 4 h	Coefficient : 3	SUJET N° BTS/MP/12/5	

## Question 1 : actions sur les ouvrages

### 1.1 Charges permanentes G

Déterminer la charge permanente G amenée par la couverture sur le portique de la file 3. Cette charge sera exprimée en kN par m<sup>2</sup> de toiture et inclura le poids des pannes, mais pas le poids propre des traverses de portique.

Représenter cette charge sur le schéma n°1 du document réponse DR1.

### 1.2 Charge de neige S

Déterminer la charge de neige caractéristique agissant sur la toiture au niveau de la file 3. Cette charge sera exprimée en kN par m<sup>2</sup> de couverture.

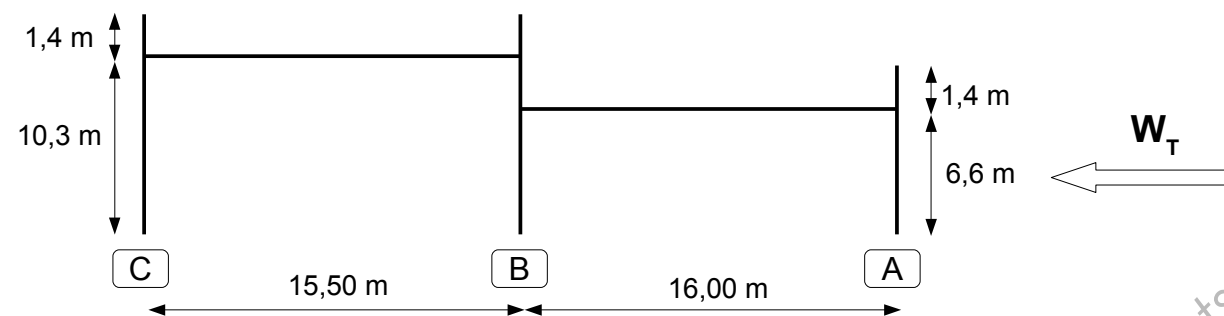
On étudiera uniquement le cas de neige caractéristique conforme aux hypothèses suivantes :

- accumulations au droit des acrotères et de la jonction entre les deux nefs (file B) ;
- surcharge pour faible pente (3,5 %) sur la totalité de la couverture ;
- le cas de neige accidentelle n'est pas envisagé.

Représenter cette charge sur le schéma n° 2 du document réponse DR1.

### 1.3 Action du vent transversal $W_T$

On cherche ici à déterminer l'action d'un vent transversal  $W_T$  représenté par le schéma ci-dessous.



#### 1.3.a Pression dynamique de pointe $q_p$

Déterminer la valeur de la pression dynamique de pointe  $q_p$  à prendre en compte pour ce projet.

#### 1.3.b Coefficients aérodynamiques

On cherche à déterminer les coefficients aérodynamiques à utiliser pour l'étude du portique de la file 3.

Déterminer les valeurs à prendre en compte pour :

- le coefficient de pression nette  $c_{p,net}$  pour les acrotères ;
- le coefficient de pression extérieure  $c_{p,e,10}$  pour le long-pan au vent (file A) ;
- le coefficient de pression extérieure  $c_{p,e,10}$  pour le long-pan sous le vent (file C) ;
- les valeurs extrêmes (pression et dépression) des coefficients de pression extérieure  $c_{p,e,10}$  pour la toiture supérieure.

#### 1.3.c Action du vent sur les parois

On considérera que le bâtiment est fermé, et qu'il est en surpression intérieure.

Indiquer les valeurs à prendre en compte en kN/m<sup>2</sup> pour :

- l'action du vent sur les acrotères ;
- l'action du vent sur le long-pan au vent (file A) ;
- l'action du vent sur le long-pan sous le vent (file C) ;
- l'action maximale du vent en pression sur la toiture supérieure ;
- l'action maximale du vent en dépression sur la toiture supérieure.

## Question 2 : étude des pannes

On considérera pour toute cette partie que les pannes sont isostatiques sur deux appuis d'extrémités distants de 4,605 m, et que les charges élémentaires sont les suivantes :

- charges permanentes (y compris poids propre de la panne) :  $q_G = 0,85$  kN/m ;
- charge de neige :  $q_S = 2,92$  kN/m ;
- vent en pression :  $q_{W+} = 0,82$  kN/m ;
- vent en dépression  $q_{W-} = -1,65$  kN/m.

A titre de simplification, on négligera la pente de couverture en considérant que la toiture est horizontale, et on négligera tout risque d'instabilité.

### 2.1 Critères de déformation ELS

Indiquer quels sont les critères de déformation à respecter pour les pannes de couverture.

### 2.2 Combinaisons d'action ELS

#### 2.2.a Combinaisons de calcul ELS

Énoncer les combinaisons de calcul à prendre en compte pour chacun des critères énoncés à la question 2.1.

#### 2.2.b Charges de calcul ELS

Déterminer la charge linéique de calcul (en kN/m) à retenir finalement pour chacun des critères énoncés à la question 2.1.

### 2.3 Inertie minimale

Déterminer pour chacun des critères ELS, l'inertie minimale des profilés à mettre en œuvre.

Conclure sur la conformité des pannes mises en œuvre vis à vis des critères ELS.

En cas de doute sur les résultats de la question n°2.2.b, on pourra étudier le critère  $w_{max}$  avec la charge  $q_{max} = 4,3$  kN/m, et le critère  $w_3$  avec la charge  $q_3 = 3,4$  kN/m.

### 2.4 Résistance en flexion

#### 2.4.a Combinaisons de calcul ELU

Énoncer les combinaisons de charges à prendre en compte pour vérifier la résistance des pannes à la flexion.

#### 2.4.b Charge de calcul ELU

Déterminer la valeur de la charge de calcul  $q_{Ed}$  à prendre en compte pour les vérifications de résistance.

#### 2.4.c Vérification

Vérifier la résistance en flexion des pannes mises en œuvre.

On rappelle que l'acier est de nuance S235 et qu'on néglige tout phénomène d'instabilité.

En cas de doute sur le résultat de la question 2.4.b, on pourra prendre pour charge de calcul  $q_{Ed} = 6,3 \text{ kN/m}$ .

### Question 3 : traverse basse AB du portique file 3 sous la combinaison 1,35 G + 1,5 S + 0,9 W<sub>T</sub>

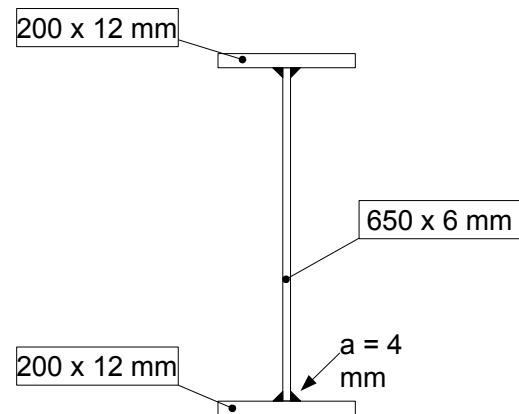
- la modélisation informatique du portique de la file 3 et de son chargement est donnée par le document technique DT1 ;
- le listing de résultats sous la combinaison 1,35 G + 1,5 S + 0,9 W<sub>T</sub> est donné par le DT2.

#### 3.1 Efforts intérieurs

Tracer sur le document réponse DR1 les diagrammes de l'effort normal N (schéma n°3), de l'effort tranchant V (schéma n°4) et du moment fléchissant M (schéma n°5) pour la totalité de la traverse AB du portique, en indiquant notamment les valeurs prises par ces sollicitations.

#### 3.2 Classification de la section

Au droit de la jonction avec le poteau central de la file B, la section transversale de la traverse basse est donnée par le schéma suivant :



- Acier S 275
- $N_{Ed} = - 8 \text{ kN}$  (compression)
- $M_{y,Ed} = 237 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Classer cette section pour les sollicitations indiquées.

On rappelle que pour des sections doublement symétriques en I ou en H, la position de l'axe neutre est donnée par :

- $\alpha = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{N}{c \cdot t_w \cdot f_y} \right)$  pour les sections de classe 1 et 2 ;
- $\psi = \frac{2N}{A \cdot f_y} - 1$  pour les sections de classe 3 et 4 ;
- N représentant la valeur absolue de l'effort normal exprimé en newton.

#### 3.3 Résistance de la section

Vérifier la résistance de la section vis-à-vis des sollicitations indiquées en 3.2, en admettant que la section est de classe 3.

### Question 4 : poteau C3 sous 1,35 G + 1,5 S + 0,9 W

Pour la totalité de cette question, les caractéristiques géométriques des sections sont celles indiquées dans le listing du DT1.

#### 4.1 Classification de la structure

Un calcul informatique indique que le coefficient critique de flambement global pour la combinaison 1,35 G + 1,5 S + 0,9 W vaut  $\alpha_{cr} = 46,4$ .

Comment doit alors être classée la structure pour cette combinaison ?

#### 4.2 Efforts intérieurs dans le poteau

À partir du listing informatique des documents techniques DT1 et DT2, reporter sur le schéma n° 6 du document réponse DR2 les diagrammes de sollicitations internes (NVM) du poteau C3.

Les sollicitations dans la baïonnette d'acrotère n'ont pas à être représentées.

#### 4.3 Longueurs de flambement

##### 4.3.a Longueur de flambement faible

Déterminer, en justifiant votre réponse à partir des dispositions constructives décrites au dossier technique, la longueur de flambement faible  $L_{cr,z}$  du poteau.

##### 4.3.b Longueur de flambement fort

On considérera que la structure est à noeuds fixes pour la combinaison étudiée.

Déterminer la longueur de flambement fort  $L_{cr,y}$  du poteau.

#### 4.4 Stabilité du poteau

Vérifier la résistance du poteau vis-à-vis des sollicitations internes suivantes :

- $N_{Ed} = - 51 \text{ kN}$  ;
- $M_{y,Ed} = 106 \text{ kN}\cdot\text{m}$ .

On considéra que la section est de classe 3 pour ces sollicitations, et on prendra  $M_{cr} = 211,2 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ,  $k_{yy} = 0,6$  et  $k_{zy} = 0,48$ .

## Document technique DT1 – modélisation informatique

Attention, les repères locaux adoptés dans ce listing sont conformes aux dispositions de la section 1.7 de l'Eurocode 3 partie 1-1« Conventions pour les axes des barres » :

- axe fort yy, axe faible zz
- le sens de rotation positif est le sens trigonométrique direct (anti-horaire).

### Noeud(s) [m]

Noeud	x	y	Noeud	x	y
1	0.000	0.000	2	0.000	9.900
3	0.000	11.900	4	15.500	0.000
5	15.500	6.200	6	15.500	9.900
7	15.500	11.900	8	31.500	0.000
9	31.500	6.200	10	31.500	8.200
11	5.000	10.075	12	7.750	10.171
13	10.500	10.075	14	23.500	6.480
15	26.500	6.375			

### Poutres(s) [m , °]

Poutre	Ori-> Ext	Orient	Sect	Mat	Long	Type
1	1 2	0.0000	11	11	9.900	Rigide - Rigide
2	2 3	0.0000	14	11	2.000	Rigide - Rigide
3	4 5	0.0000	11	11	6.200	Rigide - Rigide
4	5 6	0.0000	11	11	3.700	Rigide - Rigide
5	6 7	0.0000	14	11	2.000	Rigide - Rigide
6	8 9	0.0000	11	11	6.200	Rigide - Rigide
7	9 10	0.0000	14	11	2.000	Rigide - Rigide
8	2 11	0.0000	12	11	5.003	Rigide - Rigide
9	11 12	0.0000	12	11	2.752	Rigide - Rigide
10	12 13	0.0000	12	11	2.752	Rigide - Rigide
11	13 6	0.0000	12	11	5.003	Rigide - Rigide
12	5 14	0.0000	10	11	8.005	Rigide - Rigide
13	14 15	0.0000	10	11	3.002	Rigide - Rigide
14	15 9	0.0000	10	11	5.003	Rigide - Rigide

### Sections droites

Section droite 10 :

Section paramétrée [ 8 ]  
I à ailes égales  
Hauteur du I = 674.00 mm  
Longueur des ailes = 200.00 mm  
Épaisseur de l'âme = 6.00 mm  
Épaisseur des ailes = 12.00 mm  
Aire = 87.000 cm<sup>2</sup>

Moments quadratiques :  $I_z = 1601.170 \text{ cm}^4$  -  $I_y = 66326.290 \text{ cm}^4$

Section droite 11 :

Section paramétrée [ 8 ]  
I à ailes égales  
Hauteur du I = 504.00 mm  
Longueur des ailes = 220.00 mm  
Épaisseur de l'âme = 5.00 mm  
Épaisseur des ailes = 12.00 mm  
Aire = 76.800 cm<sup>2</sup>  
Moments quadratiques :  $I_z = 2130.100 \text{ cm}^4$  -  $I_y = 36566.784 \text{ cm}^4$

Section droite 12 :

Section paramétrée [ 8 ]  
I à ailes égales  
Hauteur du I = 670.00 mm  
Longueur des ailes = 200.00 mm  
Épaisseur de l'âme = 6.00 mm  
Épaisseur des ailes = 10.00 mm  
Aire = 79.000 cm<sup>2</sup>  
Moments quadratiques :  $I_z = 1334.503 \text{ cm}^4$  -  $I_y = 57294.583 \text{ cm}^4$

Section droite 14 :

HEA - 100  
Aire = 21.236 cm<sup>2</sup>  
Moments quadratiques :  $I_z = 133.811 \text{ cm}^4$  -  $I_y = 349.225 \text{ cm}^4$

### Matériau(x)

Matériau 11 : Acier S275

Module d'Young = 210000 MPa  
Coefficient de Poisson = 0.30  
Module d'élasticité transversal = 80769 MPa  
Masse volumique = 7800 kg/m<sup>3</sup>  
Coefficient de dilatation = 1.30E-05 1/K

### Liaison(s) nodale(s)

Noeud 1 : dx = dy = 0  
Noeud 4 : dx = dy = 0  
Noeud 8 : dx = dy = 0

### Cas de charge 1 : Charges permanentes

Le poids propre est pris en compte (  $g = 10.00 \text{ m/s}^2$  )  
7 Charge(s) uniformément répartie(s) [ kN/m ]  
Poutre 8 :  $p_x = 0.0$   $p_y = -1.5$   
Poutre 9 :  $p_x = 0.0$   $p_y = -1.5$

Poutre 10 :  $p_x = 0.0$   $p_y = -1.5$   
 Poutre 11 :  $p_x = 0.0$   $p_y = -1.5$   
 Poutre 12 :  $p_x = 0.0$   $p_y = -1.5$   
 Poutre 13 :  $p_x = 0.0$   $p_y = -1.5$   
 Poutre 14 :  $p_x = 0.0$   $p_y = -1.5$

**Cas de charge 2 : Neige**

3 Charge(s) verticale(s) uniformément répartie(s) [ kN/m ]

Poutre 9 :  $p_y = -2.1$  par unité de longueur projetée

Poutre 10 :  $p_y = -2.1$  par unité de longueur projetée

Poutre 13 :  $p_y = -2.1$  par unité de longueur projetée

4 Charge(s) répartie(s) linéairement [ kN/m ]

Poutre 8 :  $p_{x0} = 0.0$   $p_{y0} = -3.8$   
 $p_{xe} = 0.0$   $p_{ye} = -2.1$

Poutre 11 :  $p_{x0} = 0.0$   $p_{y0} = -2.1$   
 $p_{xe} = 0.0$   $p_{ye} = -3.8$

Poutre 14 :  $p_{x0} = 0.0$   $p_{y0} = -2.1$   
 $p_{xe} = 0.0$   $p_{ye} = -3.8$

Poutre 12 :  $p_{x0} = 0.0$   $p_{y0} = -6.3$   
 $p_{xe} = 0.0$   $p_{ye} = -2.1$

**Cas de charge 3 : Vent  $W_r$**

13 Charge(s) uniformément répartie(s) [ kN/m ]

Poutre 1 :  $p_x = -1.4$   $p_y = 0.0$

Poutre 4 :  $p_x = -1.4$   $p_y = 0.0$

Poutre 6 :  $p_x = -1.4$   $p_y = 0.0$

Poutre 2 :  $p_x = -5.7$   $p_y = 0.0$

Poutre 5 :  $p_x = -5.7$   $p_y = 0.0$

Poutre 7 :  $p_x = -5.7$   $p_y = 0.0$

Poutre 8 :  $p_X = 0.0$   $p_Z = -2.6$  (Repère local)

Poutre 9 :  $p_X = 0.0$   $p_Z = -2.6$  (Repère local)

Poutre 10 :  $p_X = 0.0$   $p_Z = -2.6$  (Repère local)

Poutre 11 :  $p_X = 0.0$   $p_Z = -2.6$  (Repère local)

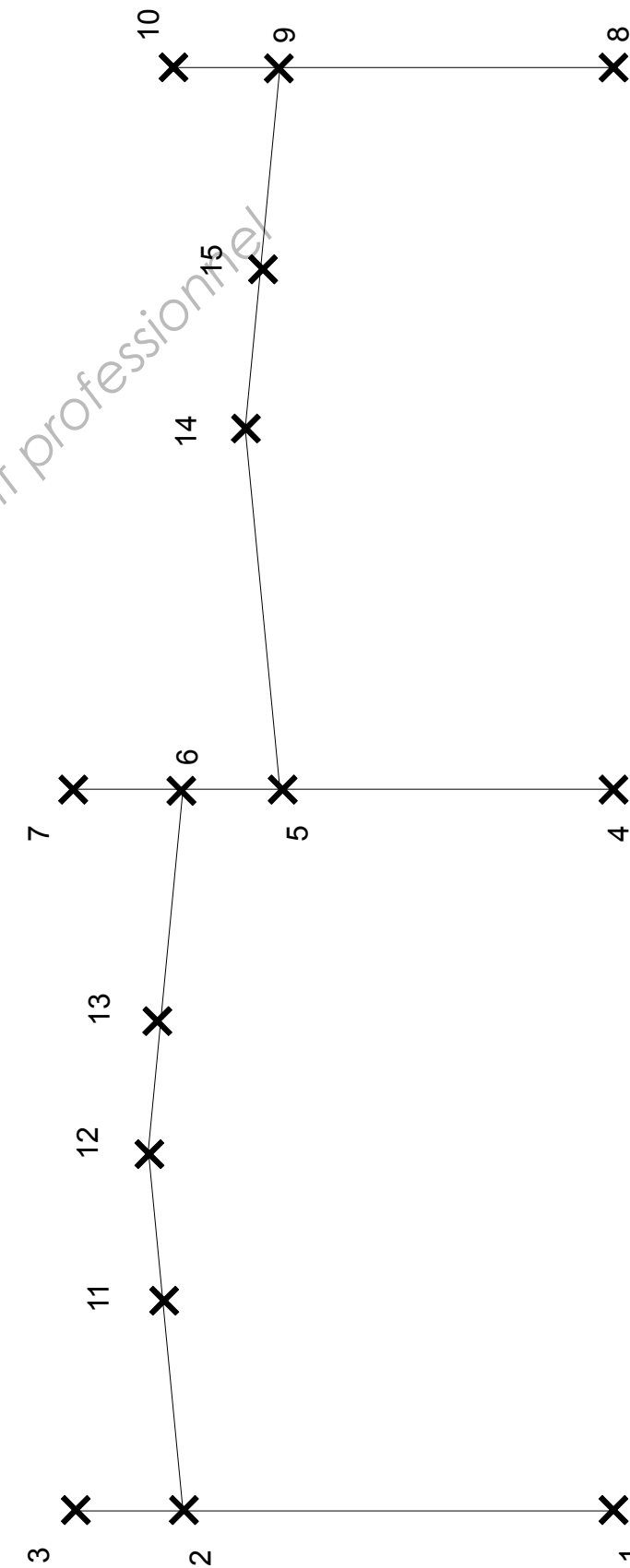
Poutre 12 :  $p_X = 0.0$   $p_Z = -2.6$  (Repère local)

Poutre 13 :  $p_X = 0.0$   $p_Z = -2.6$  (Repère local)

Poutre 14 :  $p_X = 0.0$   $p_Z = -2.6$  (Repère local)

**Combinaison(s) de cas de charges**

1 : 1.35 Cas 1 + 1.50 Cas 2 + 0.90 Cas 3



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau CANOPE

## Document technique DT2 – résultats de calcul

**Combinaison = 1.35 Cas 1 + 1.50 Cas 2 + 0.90 Cas 3**

**Action(s) de liaison [kN kN.m]**

Noeud 1 - Rx = 17.0 Ry = 51.1 Mz = 0.0

Noeud 4 - Rx = 26.5 Ry = 105.7 Mz = 0.0

Noeud 8 - Rx = 12.8 Ry = 26.5 Mz = 0.0

**Efforts intérieurs [kN kN.m]**

N = Effort normal Vz = Effort tranchant My = Moment fléchissant

ELE	ori ext	N <sub>o</sub>	V <sub>zo</sub>	M <sub>yo</sub>	dL(m)	
		N <sub>e</sub>	V <sub>ze</sub>	M <sub>ye</sub>		
			V <sub>z,max</sub>	M <sub>y,max</sub>		
1	1	-51.1	-17.0	-0.0	-2.892E-04	
	2	-43.1	-4.3	-105.6		
2	2	-0.4	-10.3	10.3	-1.002E-06	
	3	-0.0	0.0	0.0		
3	4	-105.7	-26.5	0.0	-3.967E-04	
	5	-100.7	-26.5	-164.0		
4	5	-30.3	-21.0	72.6	-6.607E-05	
	6	-27.3	-16.3	3.7		
5	6	-0.4	-10.3	10.3	-1.002E-06	
	7	0.0	0.0	-0.0		
6	8	-26.5	-12.8	0.0	-9.209E-05	
	9	-21.4	-4.8	-54.8		
7	9	-0.4	-10.3	10.3	-1.002E-06	
	10	0.0	0.0	0.0		
8	2	4.5	42.8	-115.9	1.555E-05	
	11	5.8	18.3	31.8		
9	11	5.8	18.3	31.8	1.002E-05	
	12	6.3	8.1	68.1		
10	12	6.9	7.7	68.1	1.094E-05	
	13	6.3	-2.5	75.3		
			7.7	76.1		

11	13	6.3	-2.5	75.3	1.722E-05	
	6	5.0	-27.0	6.6		
12	5	-7.9	70.1	-236.7	-2.830E-05	
	14	-5.3	15.2	71.7		
13	14	-4.2	70.1	236.7	-7.495E-06	
	15	-4.9	4.2	101.3		
14	15	-4.9	4.2	101.3	-1.503E-05	
	9	-6.2	-20.8	65.0		
			<b>20.8</b>	<b>103.6</b>		

Document réponse DR1

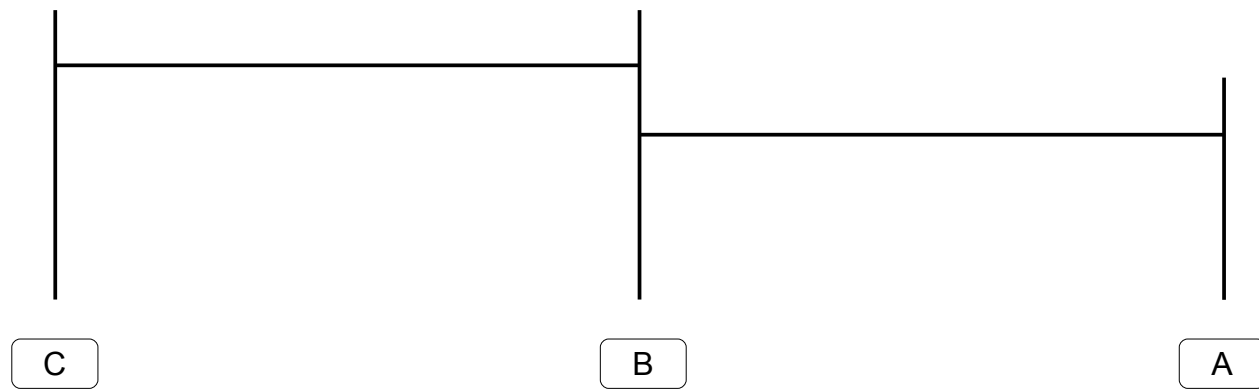


Schéma n° 1 - Charges permanentes G

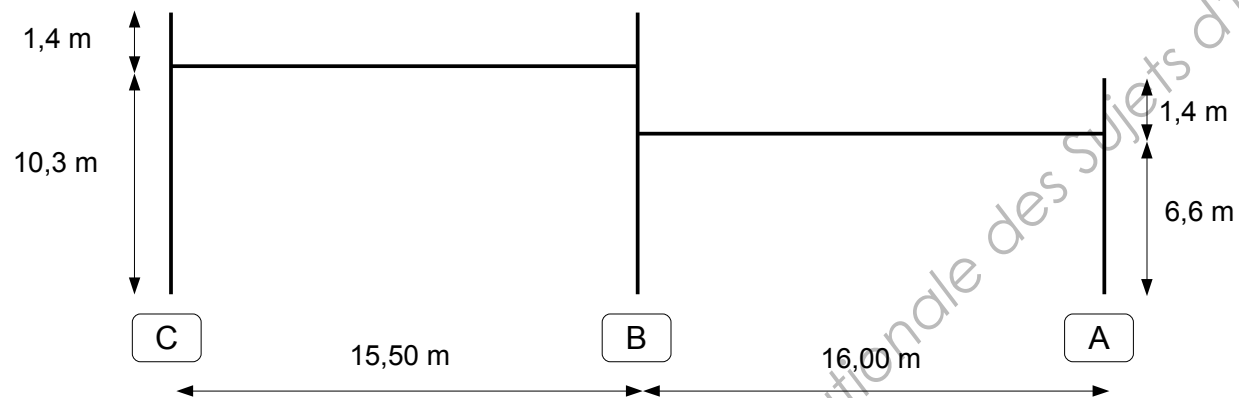


Schéma n° 2 - Charge de neige S

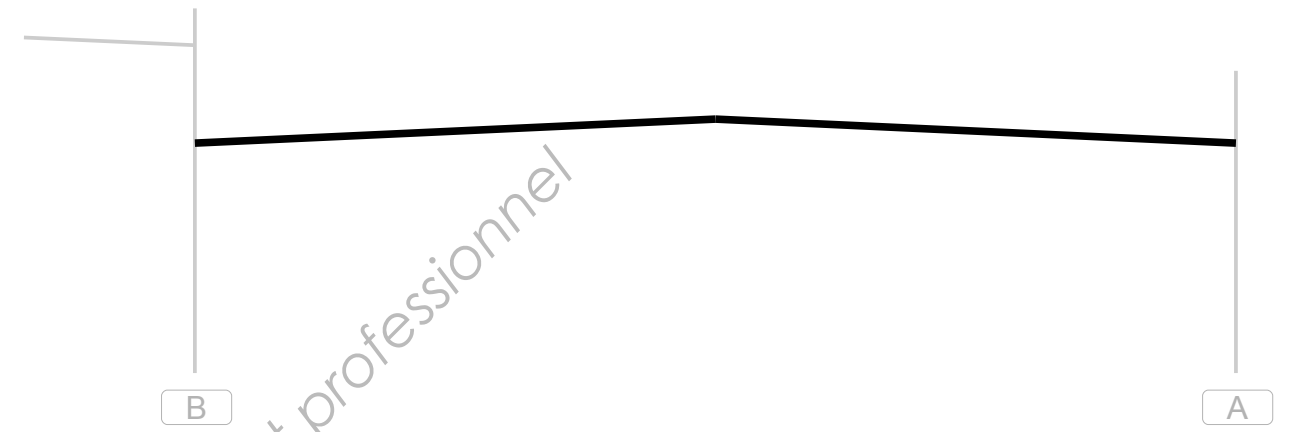


Schéma n° 3 - Diagramme d'effort normal N



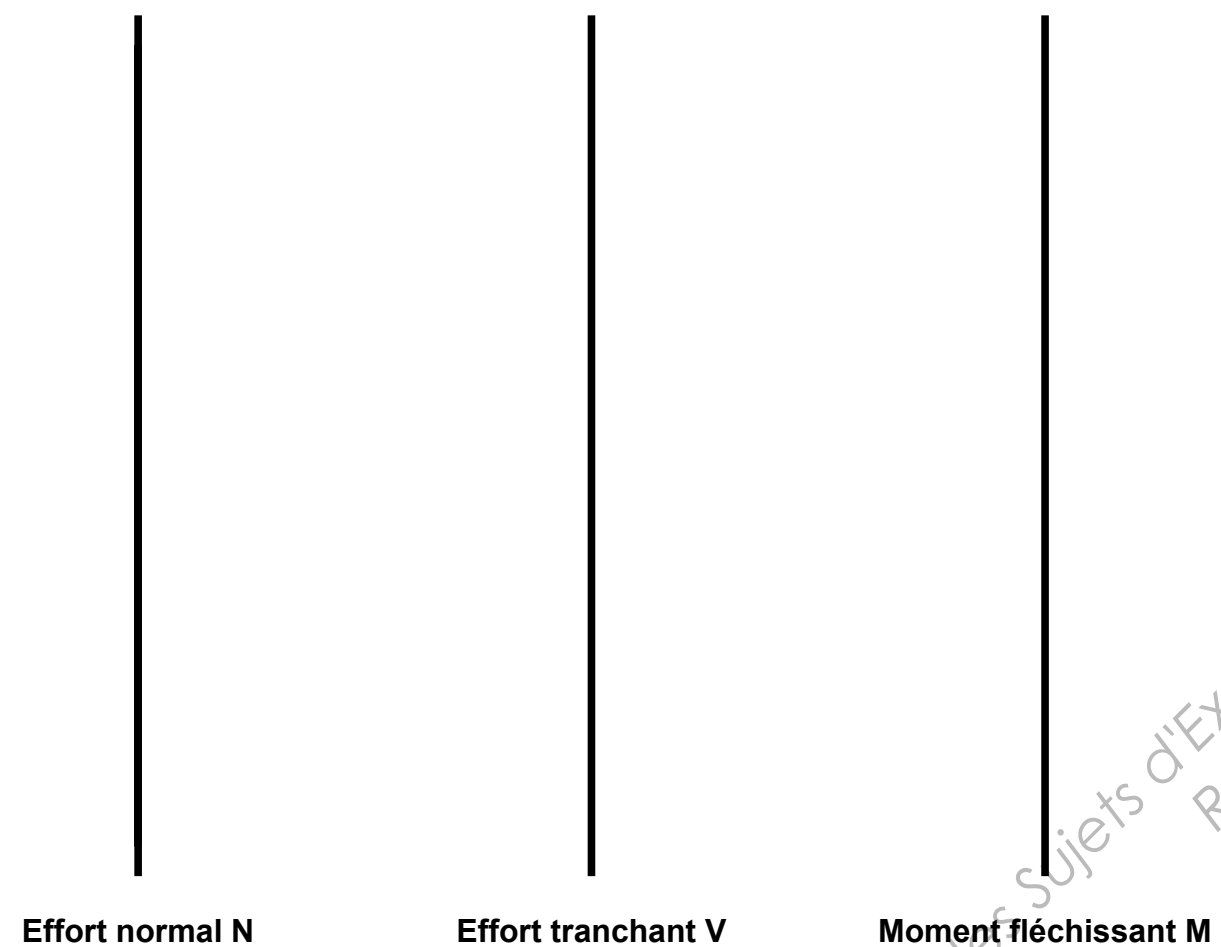
Schéma n° 4 - Diagramme d'effort tranchant V



Schéma n° 5 - Diagramme de moment fléchissant M



**Document réponse DR2**



**Schéma n° 6 – Sollicitations internes sur le poteau C3**

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau CANOPE