

E4 : ANALYSE ET CALCUL DES STRUCTURES

Durée : 8 heures

Coefficient : 6

Sous-épreuve : NOTE DE CALCULS

(unité U 42)

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 :	Page 1/4.
	Documentation :	Pages 2/4 à 4/4.
Sujet : pages 1/9 à 9/9	Questions :	Pages 2/9 à 5/9.
	Document réponse :	page 6/9.
Annexe : Pages 7/9 à 9/9.		

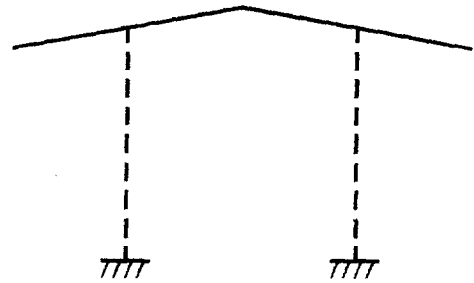
Matériels et documents autorisés :

Calculatrice conforme aux normes en vigueur.
Catalogue de profilés du commerce.
Règlements CM 66 Additif 80
Règlements NV 65 et N84 modifié 95
Normes AFNOR (construction métallique)
Règlements Européens Eurocode 1, Eurocode 3

Etude des actions

Remarque préliminaire :

Pour tous les schémas de charges proposés, le candidat pourra adopter une représentation filaire du type :



1.1/ Actions dues à la neige S :

Déterminer les valeurs des différentes charges de neige.
Représenter les schémas des différentes répartitions de neige.
Négliger toute accumulation liée à la présence du chéneau.

1.2/ Actions dues au vent W :

- a- Déterminer la valeur de la pression dynamique.
- b- Sous vent longitudinal, déterminer la valeur de la force d'entraînement.
Le candidat précisera ses hypothèses quant à la « rugosité » de la couverture et appliquera l'article 4.02 du règlement NV 65
- c- Etude du vent transversal : Art 4.2 du règlement NV 65
 - Les caractéristiques géométriques du auvent étudié entrent-elles dans la catégorie des toitures isolées ? (Art 4.21)
 - Rechercher les valeurs des coefficients de pression pour un vent transversal (normal au bord horizontal) Art 4.23. Donner la réponse sous forme de schémas.

1.3/ Descente de charges sur portique courant :

Seules les actions acheminées par la couverture et les pannes sont à considérer.
Le **coefficient de continuité** des pannes a pour valeur **1,1**.
Les charges seront schématisées sous forme de répartitions uniformes.

- a- Charges permanentes **G** :
A partir des valeurs indiquées dans le descriptif, déterminer la valeur de la charge G agissant sur la traverse du portique. Proposer un schéma.
- b- Charges de neige **S_a** :
A partir des résultats obtenus à la question 1.1/, déterminer la valeur de la charge S_a agissant sur la traverse du portique. Proposer un schéma.
- c- Charges de vent **W_t** :
Sous vent transversal, on admettra que :
 - Le versant au vent subit une pression uniforme caractérisée par un coefficient moyen $c = +0,65$ (en appui)
 - Le versant sous le vent subit une dépression uniforme caractérisée par un coefficient moyen $c = -0,4$ (en soulèvement)
 Déterminer les valeurs des charges de vent agissant sur les traverses du portique. Proposer un schéma.

Analyse d'une étude par ordinateur

L'analyse concerne un portique courant, le choix de l'architecte s'est porté sur une ferme à traverses de liaison (sans diagonales).

2.1/ Analyse des données :

A partir des indications fournies en Annexe 1 : Données (Doc 7/9 , 8/9)

Le candidat complètera le document réponse R1 (document 6/9), en précisant :

- Sur le schéma N°1 :

- Le schéma des liaisons aux appuis (zones encadrées)
- Le schéma des liaisons en tête de poteaux (zones cerclées)
- Le schéma des charges permanentes G (préciser l'intensité)

- Sur le schéma N°2 :

- Le schéma des charges de neige S.
- Le schéma des actions aux appuis (préciser les intensités)

2.2/ Analyse des résultats :

Combinaison E.L.U : 1,35.G+1,5.S

A partir des indications fournies en Annexe 1 et Annexe 2 (Doc 9/9), le candidat répondra aux questions suivantes en complétant le document réponse R2 (Doc 6/9) et en apportant les justifications sur la feuille de copie.

On s'intéresse uniquement à l'élément le plus sollicité de la membrure supérieure.

- Désigner l'élément le plus sollicité en justifiant votre réponse.
Compléter les zones encadrées du document R2 en précisant :
 - Le n° de l'élément, - Le n° du nœud « origine », - Le n° du nœud « extrémité »
 - La longueur de l'élément, - Le profil
- Représenter l'élément en équilibre en indiquant (sur le document R2) :
 - Les valeurs des actions aux extrémités
 - Les valeurs q_x et q_y (à justifier) q_x : densité de charge normale, q_y : densité de charge transversale
- Déterminer les équations de $N(x)$, $V(x)$ et $M(x)$ sur l'élément considéré.
- Tracer avec précision les diagrammes de N , V et M en complétant le document R2. (Préciser les valeurs aux bornes et les valeurs remarquables).

2.3/ Vérification E.L.U :

- Pour l'élément considéré et en négligeant tout risque d'instabilité, effectuer la vérification E.L.U.

- Caractéristiques du profil 150×100×5 :

$$\text{Section } A = 23,4 \text{ cm}^2$$

$$I_{Fort} = 718 \text{ cm}^4$$

$$I_{Faible} = 383 \text{ cm}^4$$

$$W_{el.Fort} = 95,7 \text{ cm}^3$$

$$W_{el.Faible} = 76,6 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl.Fort} = 117 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl.Faible} = 88,2 \text{ cm}^3$$

$$i_{Fort} = 5,54 \text{ cm}$$

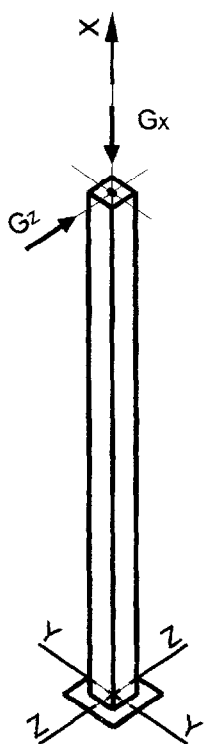
$$i_{Faible} = 4,05 \text{ cm}$$

Vérification d'un poteau

Profil : \square 200×200×5 - Acier S235 - Longueur libre : 4m
 Caractéristiques de la section droite : Section : $A=38,7\text{ cm}^2$ $I=2445\text{ cm}^4$
 $W_{el}=244\text{ cm}^3$
 Liaisons : Encastré en pied (dans les deux directions). $W_{pl}=282\text{ cm}^3$
 Libre en tête (dans les deux directions). $i=7,95\text{ cm}$

On envisage les 4 cas de charges élémentaires G, S, Sa, W :

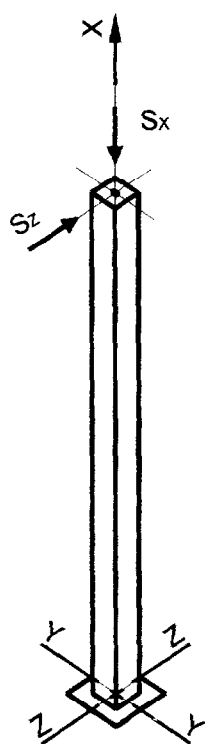
Les actions exercées par la ferme sur la tête du poteau sont indiquées sur les schémas suivants :

Charges Permanentes

$$G_x = 21284\text{ N}$$

$$G_y = 0$$

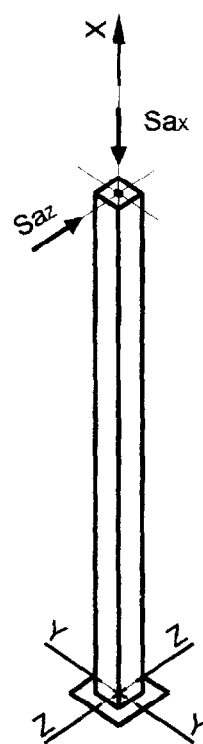
$$G_z = 184,4\text{ N}$$

Neige Normale

$$S_x = 12000\text{ N}$$

$$S_y = 0$$

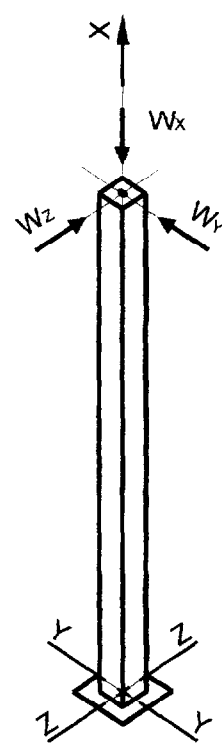
$$S_z = 104\text{ N}$$

Neige Accidentelle

$$S_{ax} = 24000\text{ N}$$

$$S_{ay} = 0$$

$$S_{az} = 208\text{ N}$$

Vent oblique

$$W_x = 14278\text{ N}$$

$$W_y = 2870\text{ N}$$

$$W_z = 4717\text{ N}$$

Remarque :

Les charges normales N_x sont toutes des charges de compression.

Le plan XZ est un plan transversal (plan du portique).

Le plan XY est un plan longitudinal.

3.1/ Vérification E.L.U :

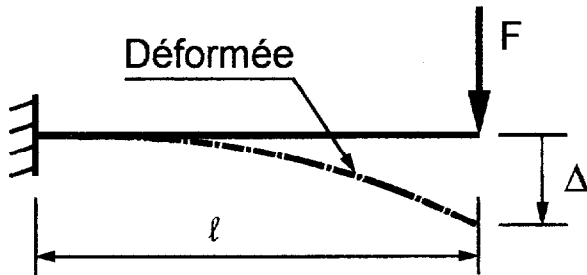
- a- Enoncer (sans les calculer) les combinaisons E.L.U. à envisager.
On admettra que S et W sont compatibles.
- b- Préciser la combinaison E.L.U. qui vous semble défavorable.
Pour cette combinaison, déterminer les valeurs de : $N_{x\max i}$, $V_{y\max i}$, $V_{z\max i}$, $M_{y\max i}$, $M_{z\max i}$.
- c- Effectuer la vérification en considérant les actions E.L.U. en tête de poteau suivantes :
- $N = 65 \text{ kN}$
 $V_y = 4 \text{ kN}$
 $V_z = 7 \text{ kN}$

Lors de cette vérification le candidat pourra négliger les risques d'instabilité au voilement et au déversement, hypothèses qu'il essaiera de justifier en quelques mots. (N : effort normal de compression).

3.2/ Vérification E.L.S :

Critère de déformation à respecter : $\Delta \leq \frac{h}{150}$, Δ : représente le déplacement horizontal en tête du poteau,
 h : représente la longueur du poteau.

- a- Enoncer les combinaisons E.L.S. à envisager pour le calcul de Δ .
- b- Effectuer la vérification E.L.S. pour la combinaison défavorable.
Le candidat pourra s'il le souhaite se servir du formulaire :



Flèche maxi :

$$\Delta = \frac{F l^3}{3.E.I}$$

Document réponse R1

Schéma n°1: Représenter le chargement G - Indiquer le schémas des liaisons

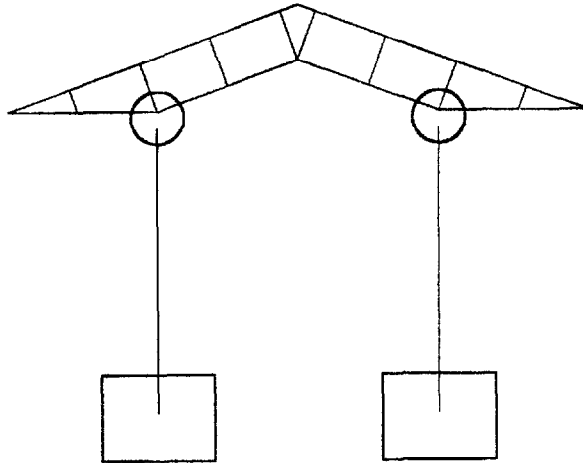
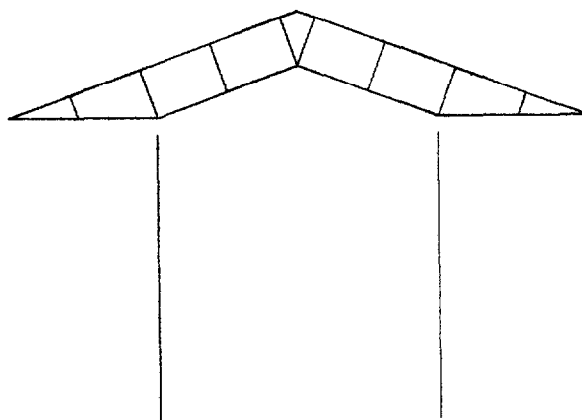


Schéma n°2: Représenter le chargement S - Indiquer les actions aux appuis



NOM:

Repère de l'épreuve:

Document réponse R2

Élément en équilibre:

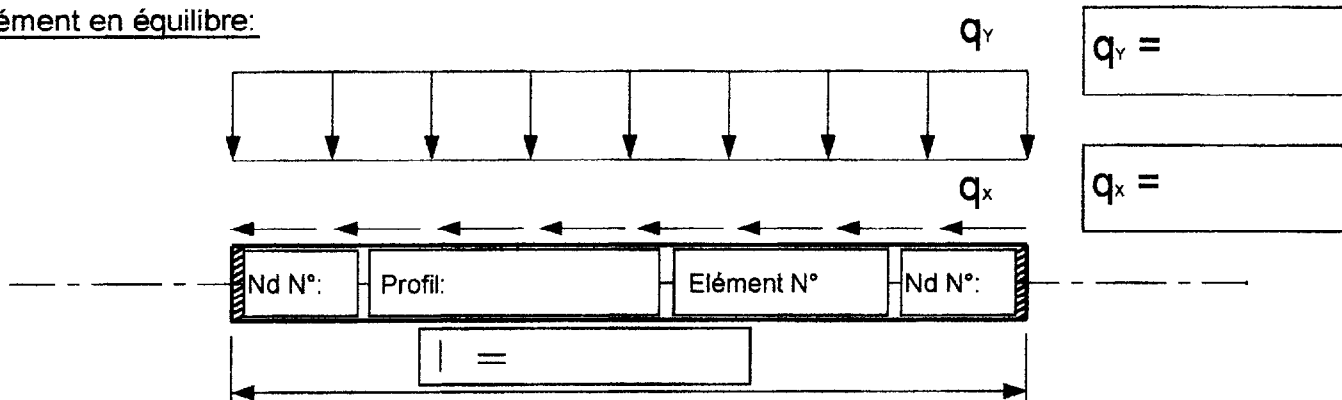


Diagramme de N :

(Echelle: 1 cm pour 10 kN)

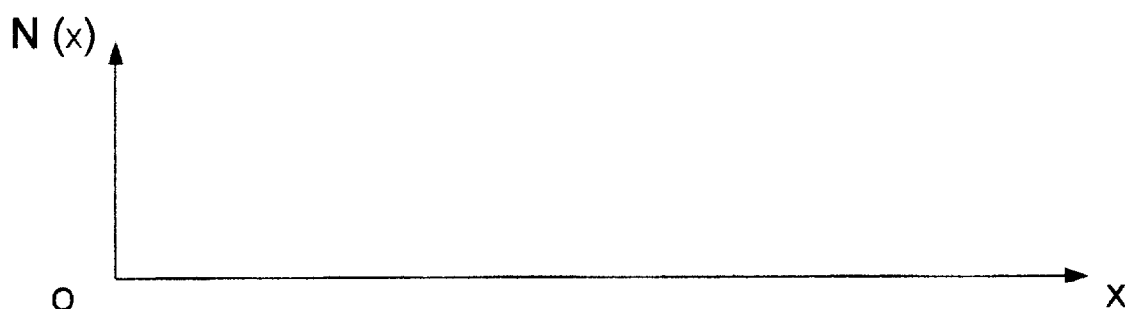


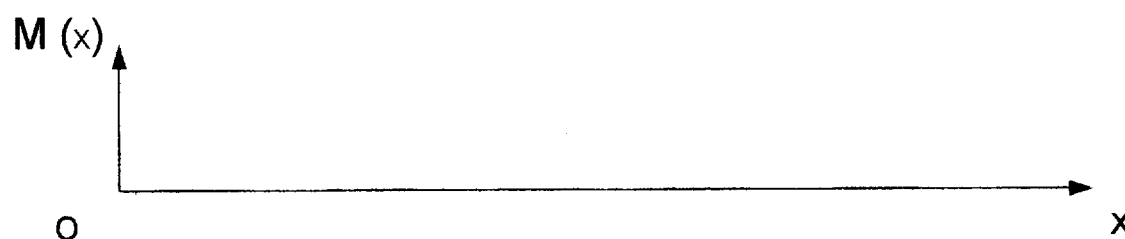
Diagramme de V :

(Echelle: 1 cm pour 10 kN)



Diagramme de M :

(Echelle: 1 cm pour 3 m.kN)



Remarque importante :

Les sections utilisées dans l'analyse informatique issues de la bibliothèque du logiciel peuvent différer des sections réelles décrites dans le dossier technique

RDM 6 - Ossatures :

AUVENT de Station Service

Données du problème :

20 Noeuds
 28 Poutres(s)
 1 Matériau(x)
 4 Section(s) droite(s)
 2 Liaison(s) nodale(s)
 6 Cas de charge(s)
 6 Combinaison(s) de cas de charges

Noeud(s) [m] :

Noeud	x	y	Noeud	x	y
1	0.000	4.000	2	1.000	4.000
3	2.000	4.000	4	3.000	4.364
5	4.000	4.728	6	5.000	4.364
7	6.000	4.000	8	7.000	4.000
9	8.000	4.000	10	0.883	4.321
11	1.766	4.643	12	2.766	5.007
13	3.766	5.371	14	4.000	5.456
15	4.234	5.371	16	5.234	5.007
17	6.234	4.643	18	7.117	4.321
19	2.000	0.000	20	6.000	0.000

Poutres(s) : [m , rad]

Poutre	Ori	Ext	Orient	Sect	Mat	Long	Type
1	1	2	0.0000	14	11	1.000	Rigide - Rigide
2	2	3	0.0000	14	11	1.000	Rigide - Rigide
3	3	4	0.0000	14	11	1.064	Rigide - Rigide
4	4	5	0.0000	14	11	1.064	Rigide - Rigide
5	5	6	0.0000	14	11	1.064	Rigide - Rigide
6	6	7	0.0000	14	11	1.064	Rigide - Rigide
7	7	8	0.0000	14	11	1.000	Rigide - Rigide
8	8	9	0.0000	14	11	1.000	Rigide - Rigide
9	1	10	0.0000	10	11	0.940	Rigide - Rigide
10	10	11	0.0000	10	11	0.940	Rigide - Rigide
11	11	12	0.0000	10	11	1.064	Rigide - Rigide
12	12	13	0.0000	10	11	1.064	Rigide - Rigide
13	13	14	0.0000	10	11	0.249	Rigide - Rigide
14	14	15	0.0000	10	11	0.249	Rigide - Rigide
15	15	16	0.0000	10	11	1.064	Rigide - Rigide
16	16	17	0.0000	10	11	1.064	Rigide - Rigide
17	17	18	0.0000	10	11	0.940	Rigide - Rigide
18	18	9	0.0000	10	11	0.940	Rigide - Rigide
19	2	10	0.0000	11	11	0.342	Rigide - Rigide
20	3	11	0.0000	11	11	0.684	Rigide - Rigide
21	4	12	0.0000	11	11	0.684	Rigide - Rigide
22	5	13	0.0000	11	11	0.684	Rigide - Rigide
23	5	15	0.0000	11	11	0.684	Rigide - Rigide
24	6	16	0.0000	11	11	0.684	Rigide - Rigide
25	7	17	0.0000	11	11	0.684	Rigide - Rigide
26	8	18	0.0000	11	11	0.342	Rigide - Rigide
27	19	3	0.0000	12	11	4.000	Rigide - Rotule
28	20	7	0.0000	12	11	4.000	Rigide - Rotule

Section(s) droite(s) :

Section droite 10 :

Rectangle creux - [150, 100, 5]

Aire = 23.88 cm²

Moments quadratiques : IY = 746.5 cm⁴ - IZ = 395.7 cm⁴

Constante de torsion de Saint Venant J = 805.6 cm⁴

Constante de gauchissement Iw = =

Coefficients d'aire cisailée : ky = 0.55 kz = 0.30

Section droite 11 :

Carré creux - c=80.0 e=3.2

Aire = 9.781 cm²

Moments quadratiques : IY = 95.848 cm⁴ - IZ = 95.848 cm⁴

Constante de torsion de Saint Venant J = 150.228 cm⁴

Constante de gauchissement Iw = = 1.157 cm⁶

Coefficients d'aire cisailée : ky = 0.43 kz = 0.43

Section droite 12 :

Carré creux - c=200.0 e=8.0

Aire = 59.462 cm²

Moments quadratiques : IY = 3588.558 cm⁴ - IZ = 3588.558 cm⁴

Constante de torsion de Saint Venant J = 5818.035 cm⁴

Constante de gauchissement Iw = = 195.133 cm⁶

Coefficients d'aire cisailée : ky = 0.44 kz = 0.44

Section droite 14 :

Rectangle creux - [150,100,3.2]

Aire = 15.541 cm²

Moments quadratiques : IY = 267.257 cm⁴ - IZ = 499.686 cm⁴

Constante de torsion de Saint Venant J = 542.916 cm⁴

Constante de gauchissement Iw = = 304.430 cm⁶

Coefficients d'aire cisailée : ky = 0.55 kz = 0.30

Matériau(x) :

Matériau 11 : Acier

Module d'Young = 210000 MPa

Coefficient de Poisson = 0.30

Module de cisaillement = 80769 MPa

Masse volumique = 7800 kg/m³

Coefficient de dilatation = 1.30E-05 1/K

Liaison(s) nodale(s) :

Noeud 19 : dx = dy = rotz = 0

Noeud 20 : dx = dy = rotz = 0

Cas de charge(s) 1 : Charges permanentes G

10 Charge(s) uniformément répartie(s) [N/m]

Poutre 9 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 10 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 11 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 12 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 13 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 14 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 15 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 16 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 17 : px = 0.0 py = -5000.0

Poutre 18 : px = 0.0 py = -5000.0

CME4CAL

Cas de charge(s) 2 : Charges de neige S

10 Charge(s) verticale(s) uniformément répartie(s) [N/m]

- Poutre 9 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 10 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 11 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 12 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 13 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 14 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 15 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 16 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 17 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée
- Poutre 18 : $py = -3000.0$ par unité de longueur projetée

Actions de liaisons (N, N.m) :

Il est rappelé que les actions de liaisons sont données en valeurs algébriques, par rapport au repère global de la structure.

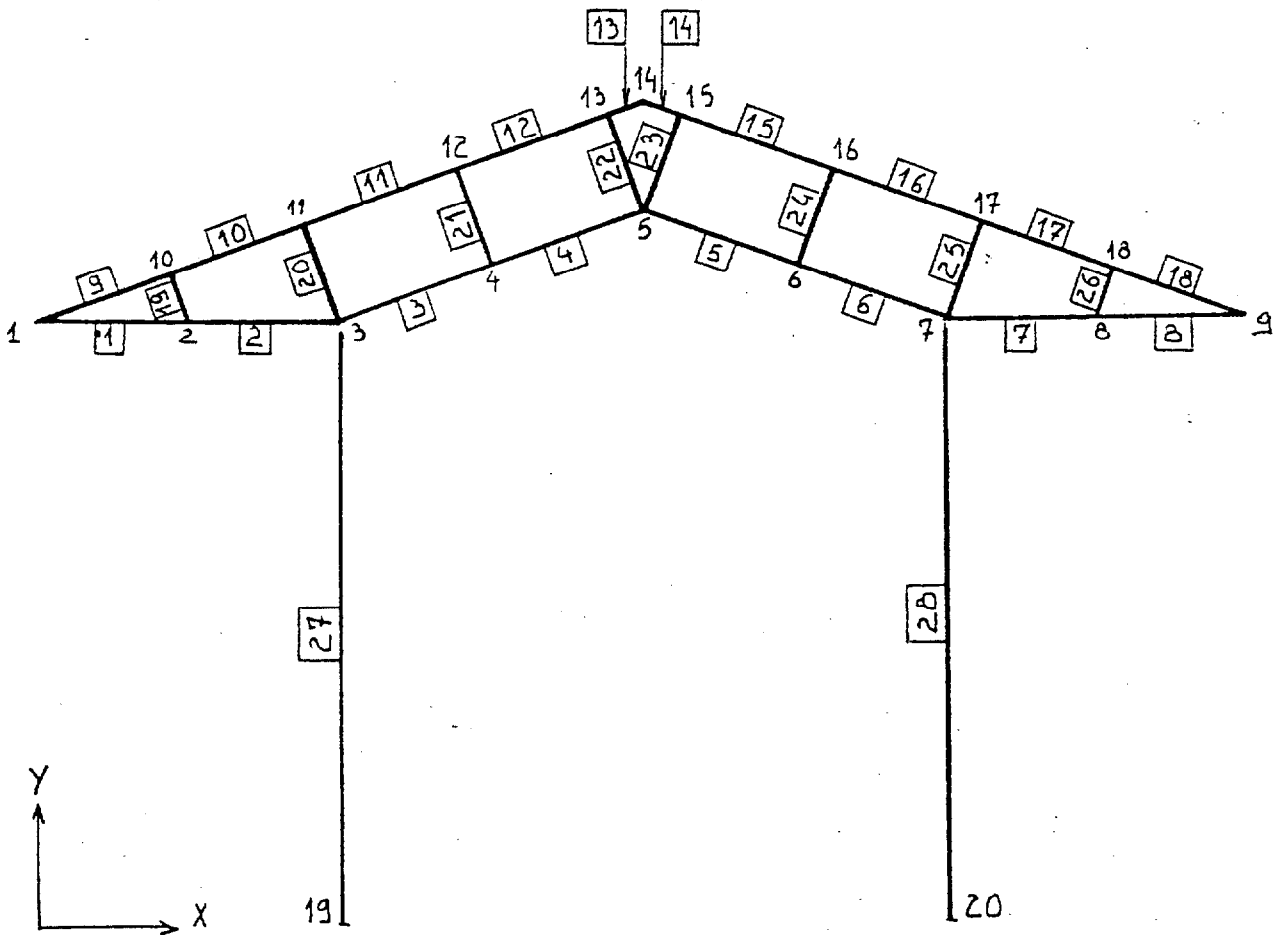
Cas 1 :

Nœud 19	$R_x = 184.4$	$R_y = 21283.8$	$M_z = -737.4$
Nœud 20	$R_x = -184.4$	$R_y = 21283.3$	$M_z = 737.4$

Cas 2 :

Nœud 19	$R_x = 103.9$	$R_y = 12000$	$M_z = -415.8$
Nœud 20	$R_x = -103.9$	$R_y = 12000$	$M_z = 415.8$

Repérage des éléments et nœuds :



ANNEXE 2

RDM 6 - Ossatures

AUVENT de Station Service

Date : 25 Octobre 2001

Résultats : Combinaison = 1.35 Cas 1 + 1.50 Cas 2 : 1,35 G + 1,5 SAction(s) de liaison [N N.mm] Dans le repère global de la structure

Noeud 19	-	Rx = 404.8	Ry = 46733.1	Mz = -1619157.0
Noeud 20	-	Rx = -404.8	Ry = 46733.1	Mz = 1619157.0

Somme des forces appliquées à la structure :

Fx = 3.38218342221808E-0010 N

Fy = 2.21189111471176E-0009 N

Efforts Nodaux [N N.mm] Dans le repère local de l'élément

Fx : Action longitudinale Fy : Action transversale Mz : Moment

Les efforts nodaux Fx, Fy, Mz représentent les actions des nœuds sur les éléments.

Pour chaque élément, les valeurs algébriques de ces actions sont données dans le repère local.

L'axe longitudinal x est orienté du nœud « origine » vers le nœud « extrémité ».

L'axe transversal y est directement orthogonal à x.

ELE	ori	Fxo (N)	Fyo (N)	Mzo (N.mm)
	ext	Fxe (N)	Fye (N)	Mze (N.mm)
1	1	10235.5	-426.6	-255497.9
	2	-10235.5	426.6	-171127.3
2	2	14362.5	-3727.9	-302923.1
	3	-14362.5	3727.9	-3424955.9
3	3	22784.9	8009.5	5385742.1
	4	-22784.9	-8009.5	3137920.2
4	4	12145.3	4512.5	504004.3
	5	-12145.3	-4512.5	4298108.1
5	5	12145.3	-4512.5	-4298108.1
	6	-12145.3	4512.5	-504004.3
6	6	22784.9	-8009.5	-3137920.2
	7	-22784.9	8009.5	-5385742.1
7	7	14362.5	3727.9	3424955.9
	8	-14362.5	-3727.9	302923.1
8	8	10235.5	426.6	171127.3
	9	-10235.5	-426.6	255497.9
9	1	-9473.8	3898.0	255497.9
	10	12998.1	5796.7	-1147440.1

ELE	ori Ext	Fxo Fxe	Fyo Fye	Mzo Mze
10	10	-15750.1	-1268.3	682971.9
	11	19285.0	10961.6	-6430275.4
11	11	-13477.2	16377.8	8437752.2
	12	17473.4	-5399.2	3149624.1
12	12	-6833.8	8896.3	488487.9
	13	10830.0	2082.3	3137169.7
13	13	-9342.7	6301.9	-2489566.8
	14	10275.9	-3732.7	3738677.7
14	14	-10275.9	-3732.7	-3738677.7
	15	9342.7	6301.9	2489566.8
15	15	-10830.0	2082.3	-3137169.7
	16	6833.8	8896.3	-488487.9
16	16	-17473.4	-5399.2	-3149624.1
	17	13477.2	16377.8	-8437752.2
17	17	-19285.0	10961.6	6430275.4
	18	15750.1	-1268.3	-682971.9
18	18	-12998.1	5796.7	1147440.1
	9	9473.8	3898.0	-255497.9
19	2	4514.9	2747.0	474050.4
	10	-4514.9	-2747.0	464468.3
20	3	27351.1	-5799.4	-1960786.2
	11	-27351.1	5799.4	-2007476.8
21	4	3497.8	-10639.4	-3641924.5
	12	-3497.8	10639.4	-3638111.9
22	5	8390.6	-1490.9	-372544.2
	13	-8390.6	1490.9	-647602.9
23	5	8390.6	1490.9	372544.2
	15	-8390.6	-1490.9	647602.9
24	6	3497.8	10639.4	3641924.5
	16	-3497.8	-10639.4	3638111.9
25	7	27351.1	5799.4	1960786.2
	17	-27351.1	-5799.4	2007476.8
26	8	4514.9	-2747.0	-474050.4
	18	-4514.9	2747.0	-464468.3
27	19	46733.1	-404.8	-1619157.1
	3	-46733.1	404.8	-0.0
28	20	46733.1	404.8	1619157.1
	7	-46733.1	-404.8	-0.0

Dossier Technique

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

Composition du dossier :

Présentation : Page 1/4.
Documentation : Page 1/4 à 4/4.

Dossier Technique

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

Composition du dossier :

Présentation : Page 1/4.
Documentation : Page 1/4 à 4/4.

Présentation :

L'étude porte sur un auvent de station service destiné à la distribution de carburant.

Documentation :

- **Situation géographique**

MARSEILLE (Bouches du Rhône). Altitude : 85 m.
Site exposé situé en zone industrielle, (classe de rugosité IV, terrain plat, coefficient de topographie $C_t = 1$).
Pas d'effet de masque.

- **Descriptif de l'auvent**

Il est constitué de 4 travées intermédiaires et de 2 demi-travées d'extrémités en porte à faux.
L'emprise au sol est de 8.4 m par 34.55 m hors tout ; hauteur au faîtage 5.8 m.
On admettra que tous les profils creux utilisés sont en acier de nuance S 235 JRH et qu'ils relèvent de la courbe b de flambement. (Add 80 ou EC3).
Pour les Eurocodes les sections sont de classe 1 ou 2

Voir dessins

- Aspect architectural et élévation de l'auvent (page 2/4)
- Dimensions d'ensemble sur vue en plan de la ½ structure (page 3/4)
- Vue en élévation d'un portique (page 4/4)

Couverture : toiture à 2 versants, à plans symétriques ; angle 20°.
Constituée par des tuiles de type Romanes posées sur lattes en tube carré 30×30×2 .
Charge surfacique : **0.5 kN/m²** (tuiles + lattes + chevrons)

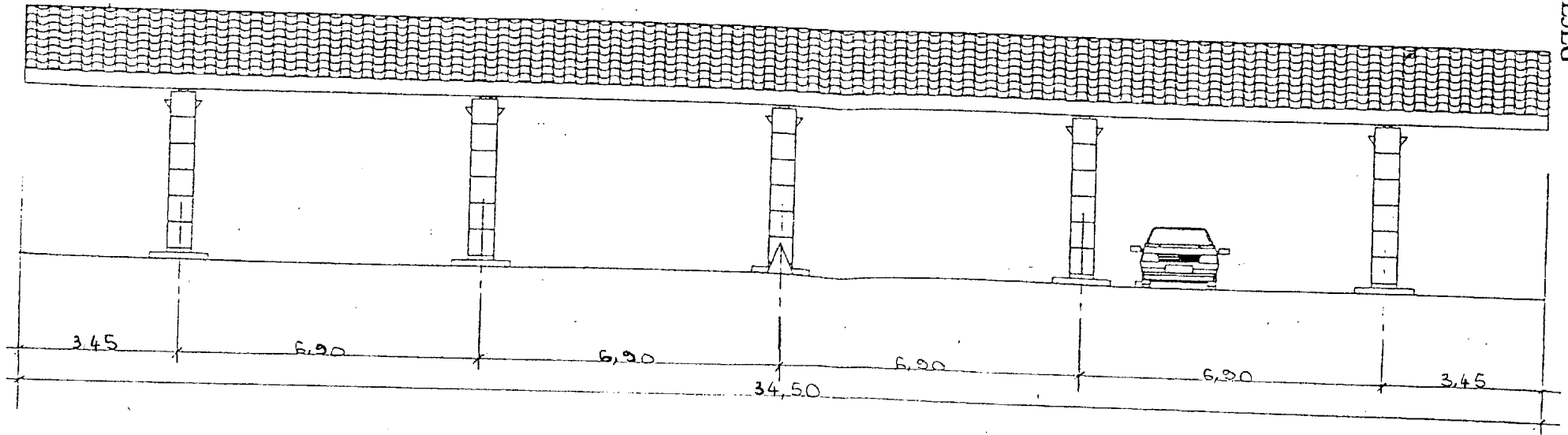
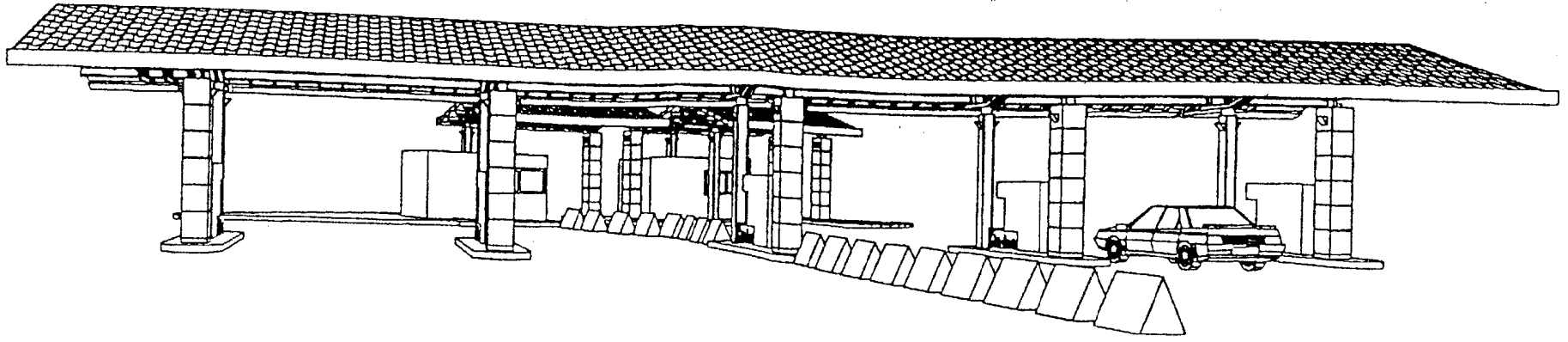
Ossature Principale :

Elle est constituée de 5 portiques identiques en profils tubulaires.
Voir vue en élévation d'un portique, page 4/4.

Pannes : tube 180×80×5 , masse linéique **19.5 kg/m**

Stabilité : bracons \varnothing 48,3×2,9 et contreventements \varnothing 76,1×2,9 Voir vue en élévation et en plan.

Fondation : pieds de poteaux encastés dans les deux plans.

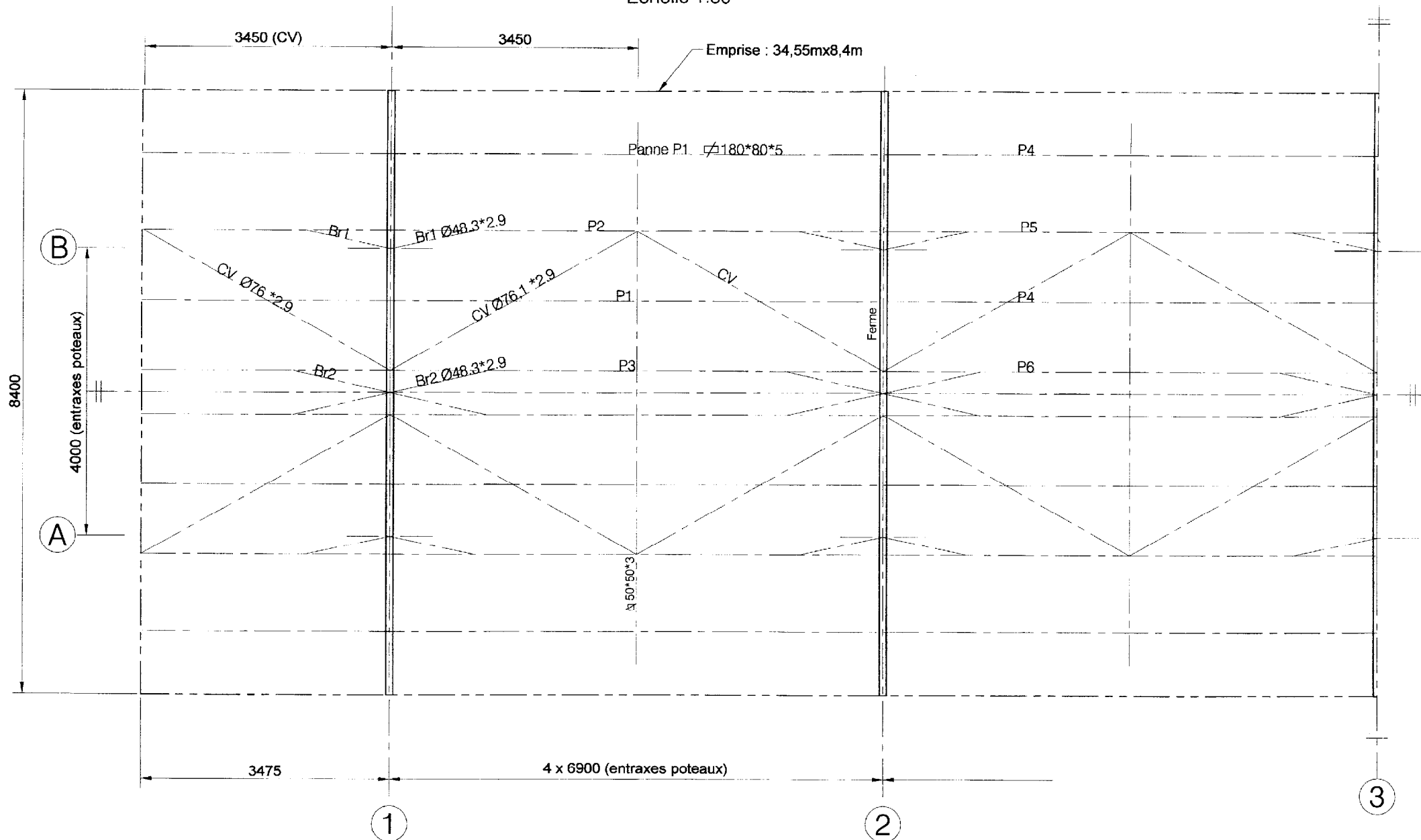


ELEVATIONS POMPES

Vue en plan 1/2 Auvent

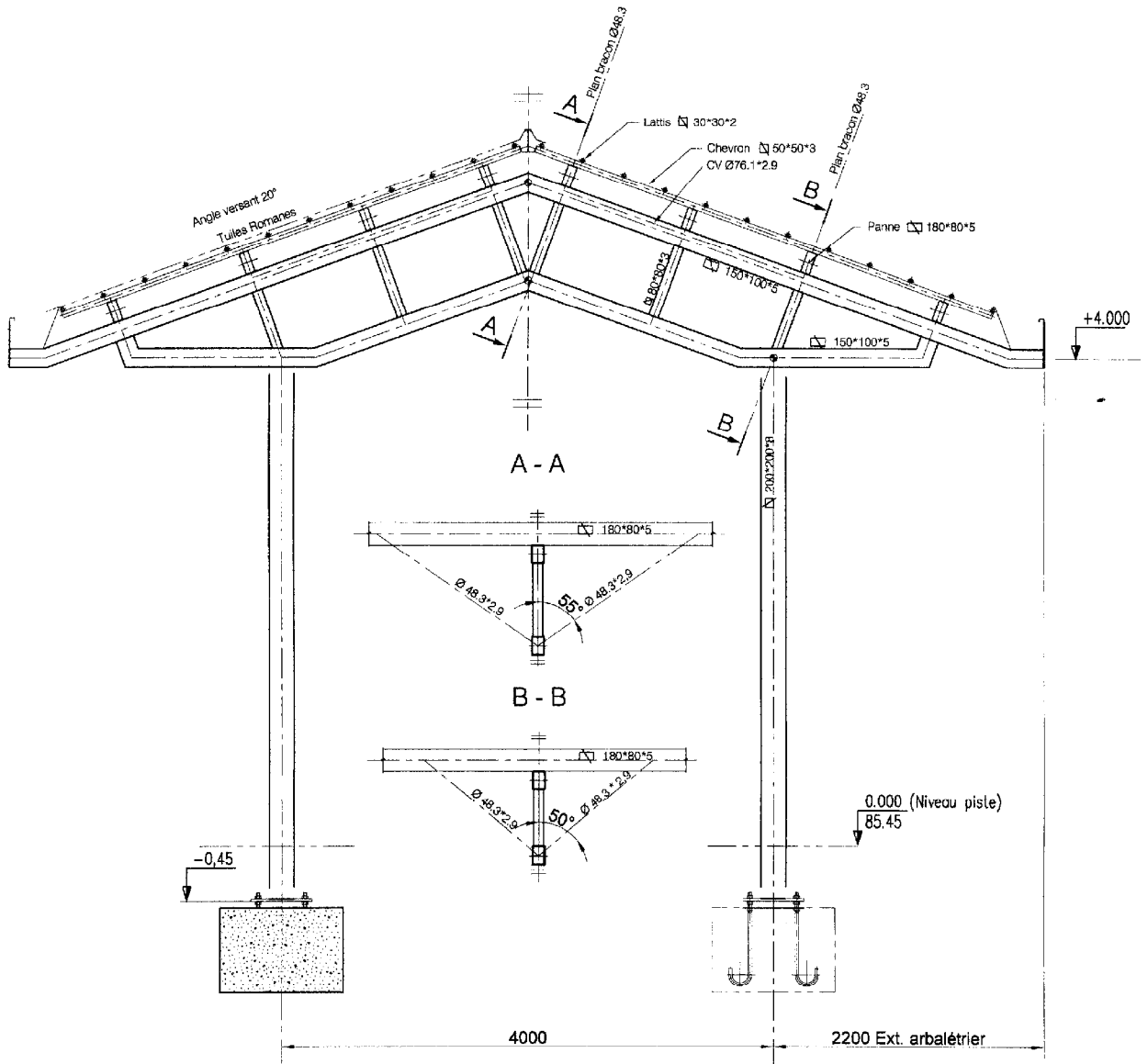
Structure principale sans chevrons et lattis

Echelle 1:50



Élévation portique

Echelle 1:40



Cotation points d'épure des axes

