

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
TRAVAUX PUBLICS

Épreuve : E4  
ÉTUDE TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE

Sous épreuve : U41  
Études de conception et de réalisation  
en maîtrise d'œuvre

SESSION 2014

---

Durée : 6 heures

Coefficient : 3

---

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique sous réserve que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Aucun document autorisé**

- Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
- Le sujet se compose de 23 pages, numérotées de 1/23 à 23/23.

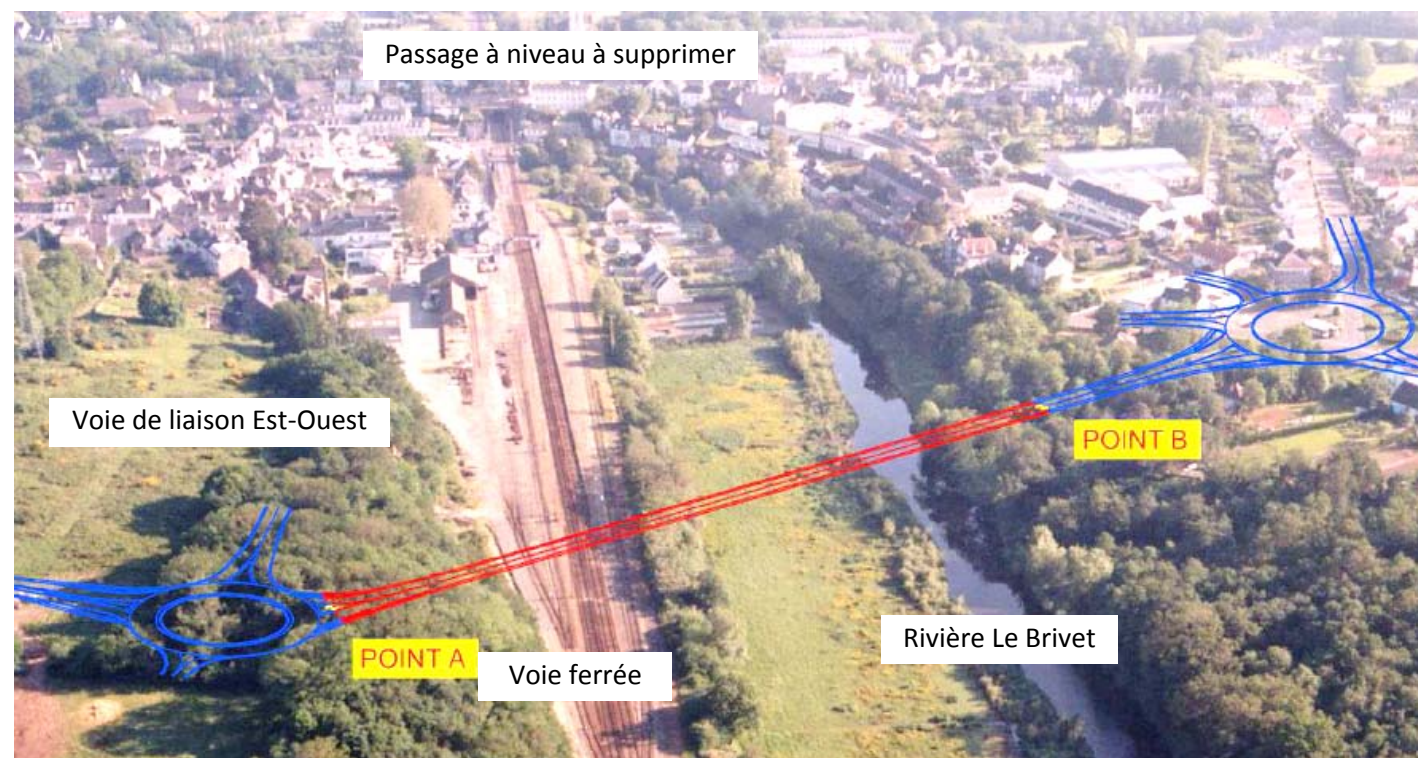
Documents remis	Pages
Travail demandé	3 à 6
Documents techniques	7 à 16
Documents réponses à rendre	17 à 23

**Documents à rendre avec la copie :**

- DR1 : Extrait vue en plan de l'assainissement routier page 18/23
- DR2 : Dimensionnement de la canalisation en amont du bassin page 19/23
- DR3 : Vérification des contraintes liées à la présence des voies S.N.C.F. (1) page 20/23
- DR4 : Vérification des contraintes liées à la présence des voies S.N.C.F. (2) page 21/23
- DR5 : Quantitatif du massif de la pile P1 page 22/23
- DR6 : Dessin de détail des équipements et extrait B.P.U. page 23/23

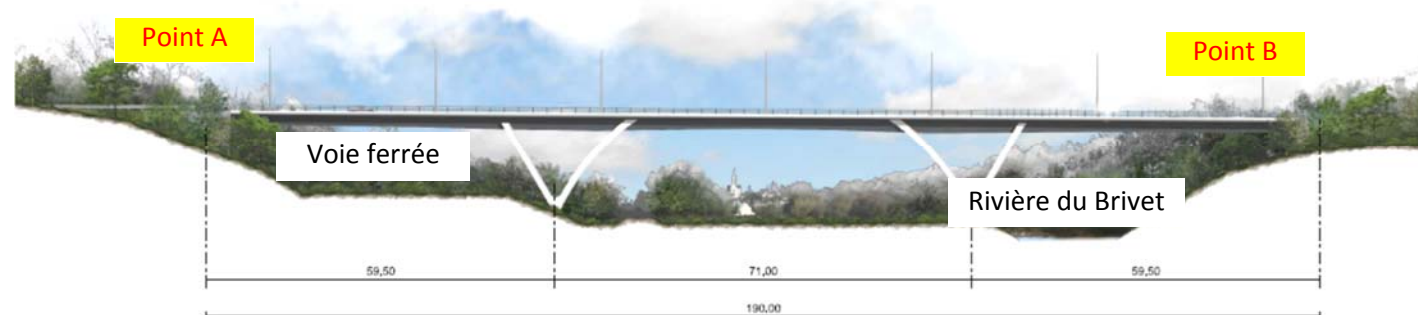
Barème	Compétences
Étude 1 : Étude de la géométrie de la voie de liaison est-ouest	Compléter ou réaliser des documents graphiques exploitables
Étude 2 : Étude de l'assainissement routier du projet	Proposer ou adapter des solutions techniques Dimensionner tout ou partie d'un ouvrage
Étude 3 : Étude des contraintes liées à la présence des voies S.N.C.F.	Indiquer dans un document les contraintes d'exploitation sous chantier
Étude 4 : Étude quantitative	Quantifier tout ou partie d'un ouvrage
Étude 5 : Étude de la stabilité provisoire d'une béquille courbe	Dimensionner tout ou partie d'un ouvrage
Étude 6 : Vérification de section	Dimensionner tout ou partie d'un ouvrage
Étude 7 : Étude des équipements de l'ouvrage	Rédiger et/ou adapter des articles d'un DCE

Les travaux sont générés dans le cadre de la suppression du passage à niveau n° 378 présent sur la commune de Pontchâteau. L'opération comprend la création d'une voie de liaison Est / Ouest entre la RD 126 et la RD 16, d'une longueur de 1200 m, avec franchissement en **viaduc** de la **voie ferrée** Savenay – Redon et de la **rivière Le Brivet**.



Ces travaux sont allotés en trois marchés principaux : terrassement - assainissement – chaussées, écrans acoustiques et viaduc. Ils sont complétés par les lots signalisation, équipements de sécurité et enfin les aménagements paysagers.

C'est dans le cadre de la voie de liaison RD126 / RD16 que s'inscrit le projet de construction d'un Viaduc sur le BRIVET.



La solution retenue est un viaduc constitué d'une ossature métallique mixte de type bipoutre à hauteur variable et à entretoises. Sa longueur totale entre axes d'appuis de culées est de 190 m répartie sur 5 travées : 51,55 m – 18,40 m – 50,10 m – 18,40 m – 51,55 m. Les appuis intermédiaires de l'ouvrage sont des béquilles métalliques en forme de V. Elles sont soudées au tablier et reposent sur deux piles par l'intermédiaire d'appareil d'appui à pot. La pile P1 se trouve à proximité des voies SNCF et la pile P2 se trouve à proximité du Brivet.

### Étude 1 : Étude de la géométrie de la voie de liaison est-ouest

*Compétence détaillée visée : Compléter ou réaliser des documents graphiques exploitables.*

#### Voir le document technique DT1.

*Afin de préparer le dossier de consultation des entreprises (DCE), et de définir la géométrie exacte du tracé de la voie de liaison est-ouest, il vous faut analyser le profil en long du projet.*

- 1.1 Sur le profil en long géotechnique partiel (DT1), dans la ligne « Alignements et courbes », entre les distances cumulées 692.09 et 732.09, il est indiqué « CL A = - 69.28 L = 40.00 m ». Expliquer la signification de ces éléments et le rôle de cette courbe.
- 1.2 Sur le profil en long géotechnique partiel (DT1), dans la ligne « Pentes et Rampes », au niveau des profils P78-P80, il est indiqué « RP = 1000.00 L = 27.00 m ». Expliquer la signification de ces éléments et le rôle de cette courbe.
- 1.3 Calculer la cote projet au profil P69.
- 1.4 En considérant une variation linéaire du dévers gauche entre les distances cumulées 692.09 et 718.76, déterminer le dévers gauche au niveau du profil en travers P48. Dessiner schématiquement ce profil en travers pour mettre en évidence les dévers gauche et droite.

### Étude 2 : Étude de l'assainissement routier du projet

*Compétences détaillées visées : Proposer ou adapter des solutions techniques / Dimensionner tout ou partie d'un ouvrage.*

#### Voir les documents réponses DR1 et DR2.

*Le projet se situe à proximité d'une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type 2. Il jouxte également le Site Natura 2000 « Grande Brière – Marais de Donges ».*

*Afin de compléter les documents nécessaires à l'appel d'offres, vous devez réaliser une étude de l'assainissement des eaux pluviales de la chaussée. Les eaux pluviales ruisselant sur la chaussée sont collectées puis acheminées jusqu'à un bassin multifonction au niveau duquel elles seront traitées avant de rejoindre le milieu naturel (Le Brivet).*

*Ces eaux doivent être traitées contre les pollutions courantes conformément aux exigences environnementales.*

*Pour le dimensionnement de la canalisation en amont du bassin, les hypothèses données par le bureau d'étude d'hydraulique sont les suivantes :*

BTS TRAVAUX PUBLICS	Session 2014
U41 – Études de conception et de réalisation en maîtrise d'œuvre	Code : TVE4ECR1
	Page : 3/23

- Les surfaces du projet acheminées vers le bassin étudié sont de 7 500 m<sup>2</sup> avec un coefficient de ruissellement C de 0.95.
- Les chaussées avoisinantes existantes qui seront raccordées sur le réseau d'assainissement du projet en amont du bassin étudié représentent une surface parfaitement étanche (C = 1) de 35 000 m<sup>2</sup>.
- Les ouvrages (canalisation et bassin) doivent être justifiés vis-à-vis d'une pluie de référence d'une durée de 10 minutes et une période de retour de 10 ans. L'intensité de précipitation I correspondante est définie sur le DR2.
- Le projet se situe en région I.
- La pente de la canalisation étudiée est de 1 cm/m.
- Le débit Q collecté sur une zone est égal à :  $Q = C \cdot I \cdot A$
- On calculera les débits des 2 zones sans tenir compte de l'assemblage en parallèle.
- La plage de vitesse préconisée pour la canalisation est comprise entre 0.6 m/s et 4 m/s.

2.1 Compléter le DR1 en identifiant les différents ouvrages repérés. Préciser le rôle de chacun d'eux.

2.2 Expliquer le terme « bassin multifonction ».

2.3 À l'aide des données fournies par le bureau d'étude hydraulique, déterminer le débit Q collecté. En déduire le dimensionnement de la canalisation située en amont du bassin. Les abaques du DR2 sont à annoter.

2.4 Calculer le taux de remplissage de la canalisation. Déterminer la vitesse d'écoulement pour cette conduite (annoter les abaques du DR2). Est-elle conforme à la vitesse préconisée ?

### Étude 3 : Étude des contraintes liées à la présence des voies S.N.C.F.

Compétence détaillée visée : Indiquer dans un document les contraintes d'exploitation sous chantier.

**Voir les documents techniques et réponses DT2, DT3, DT4, DR3 et DR4.**

Les choix réalisés, lors de la conception par l'architecte imposent l'implantation de la pile P1 à proximité des voies ferrées. Le responsable de la maîtrise d'œuvre souhaite vérifier la parfaite prise en compte des contraintes S.N.C.F. avant la rédaction finale du DCE.

3.1 À l'aide du DT4, tracer sur la vue en plan située sur DR3, le gabarit en service au niveau du franchissement des voies ferrées. En déduire le tracé du gabarit sur la coupe longitudinale (DR3). La position de la pile est-elle compatible avec le gabarit ? (répondre sur le DR4).

3.2 Pour la réalisation du hourdis béton armé du tablier, la maîtrise d'œuvre souhaite une solution préfabriquée. Cette solution présente-t-elle un avantage par rapport à une solution coulée en place ? (répondre sur le DR4).

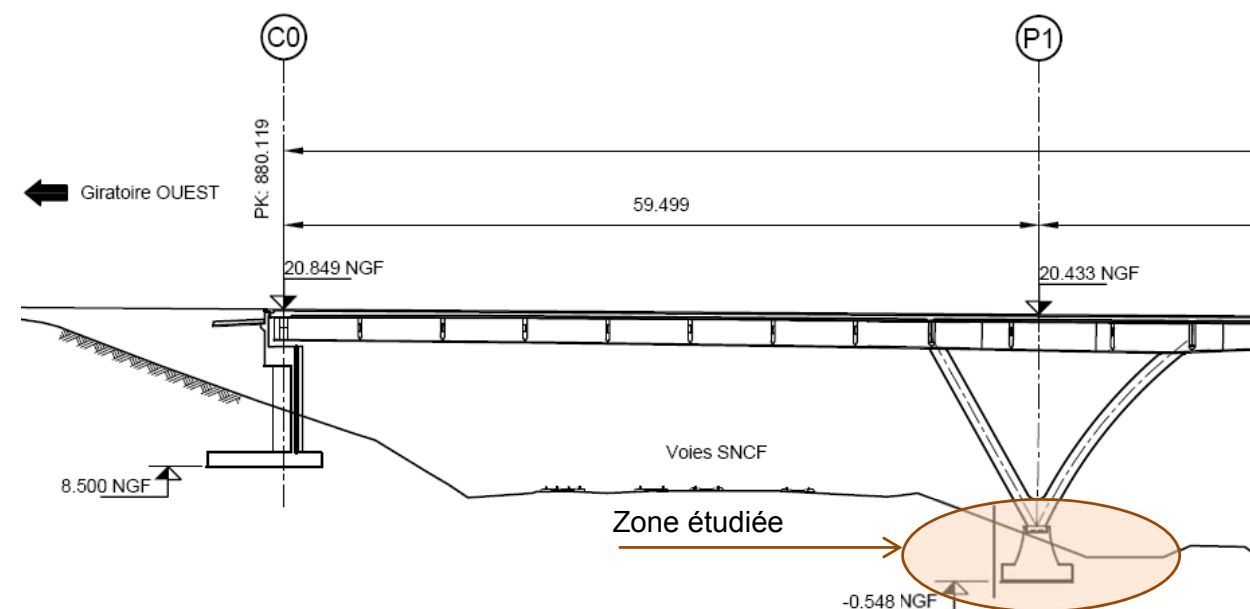
3.3 À l'aide du DT4, tracer, à l'échelle 1/100<sup>ème</sup> sur le DR4, les plans P0, P1 et P2. Justifier la nécessité du blindage au droit de la fouille de la pile P1.

### Étude 4 : Étude quantitative

Compétence détaillée visée : Quantifier tout ou partie d'un ouvrage.

**Voir les documents techniques et réponses DT3, DT5 et DR5.**

Afin de préparer le dossier de consultation des entreprises (DCE), il est demandé de quantifier certains éléments constituant la pile P1.



4.1 Sur le document DR5, colorier et légender les surfaces dont les parements sont considérés simples ou fins.

4.2 Réaliser le quantitatif du massif de la pile sur la copie et compléter le tableau sur DR5.

#### Hypothèses :

- On assimilera le fût de la pile à un tronc de pyramide.
- On ne tiendra pas compte de l'évidement en tête du fût.

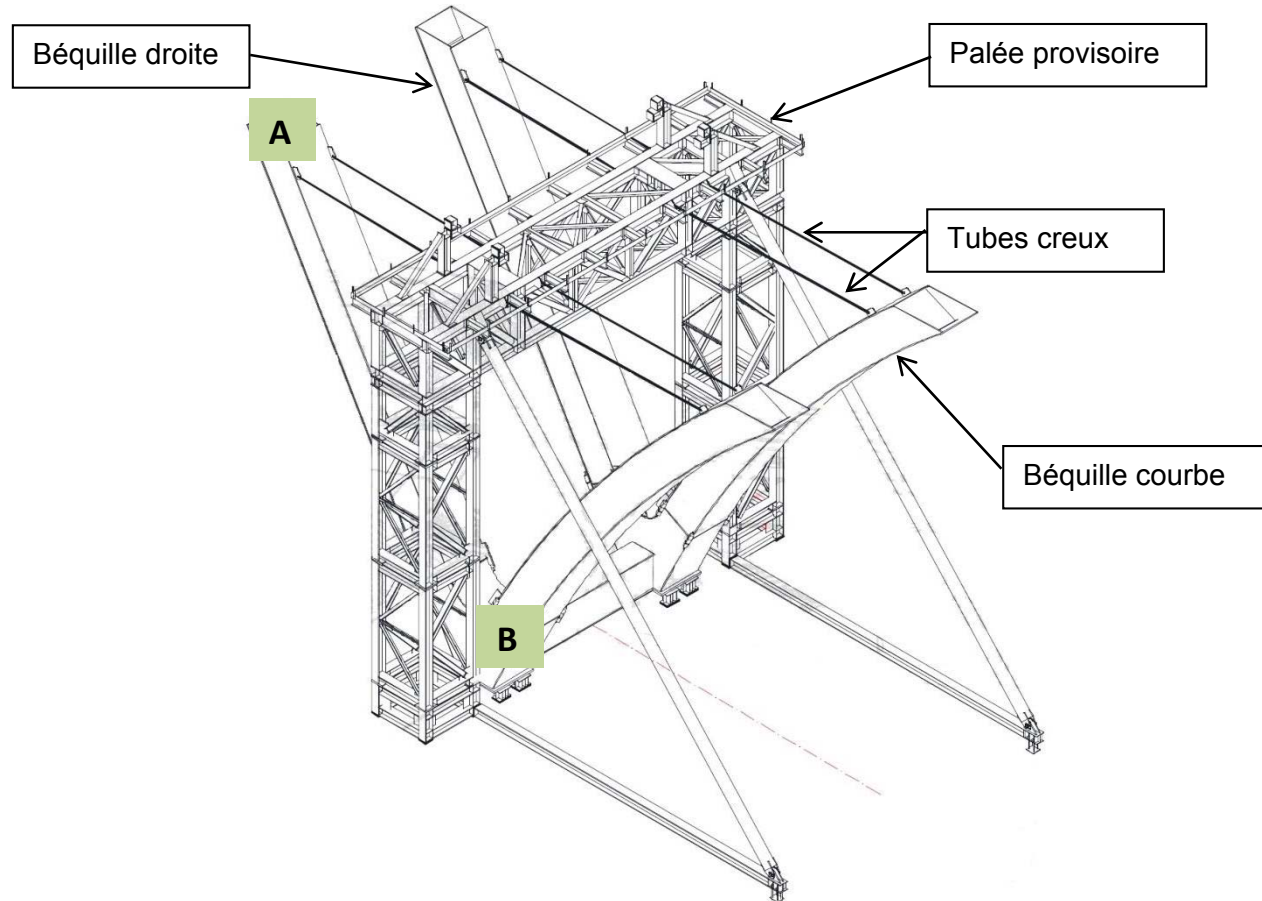


Étude 5 : Étude de la stabilité provisoire d'une béquille courbe

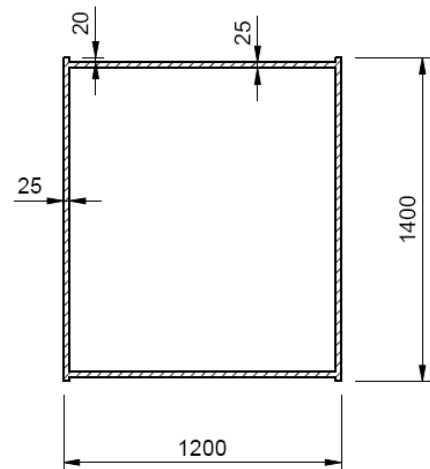
Compétence détaillée visée : Dimensionner tout ou partie d'un ouvrage.

Voir les documents techniques DT6 et DT7.

On souhaite étudier la stabilité provisoire d'une béquille courbe sous son poids propre par l'intermédiaire de la structure représentée sur la perspective ci-après.



Les béquilles (droite et courbe) sont des profils en acier (poids volumique de l'acier  $\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$ ) dont la section a la forme d'un caisson.



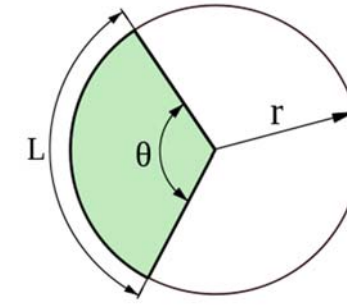
Remarque : les cotes sont en millimètres.

La béquille courbe définit un arc de cercle de rayon  $r = 39,00 \text{ m}$  et d'angle  $\theta = 29,15^\circ$ .

On rappelle la formule :

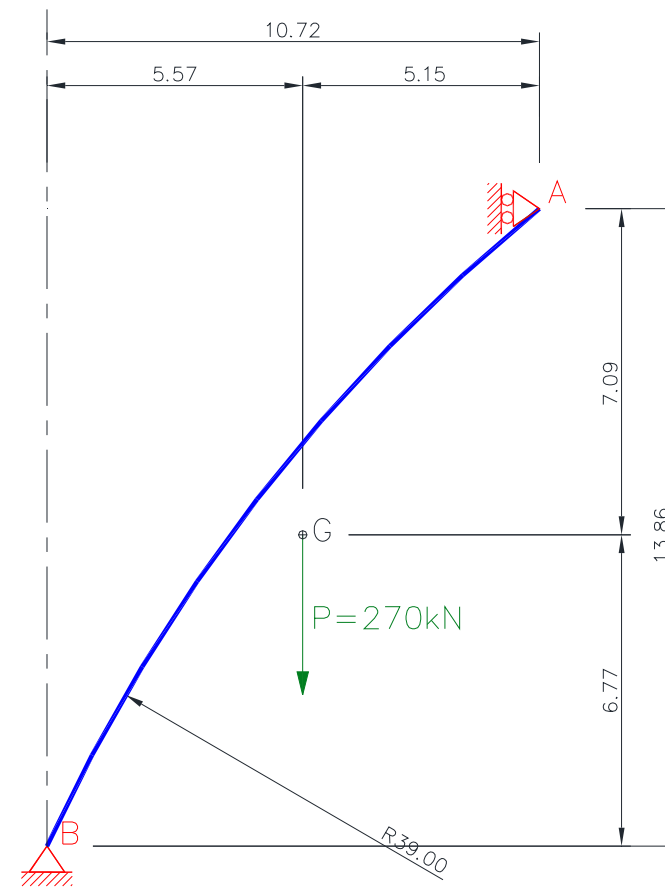
$$L = \theta \times r$$

«  $\theta$  » s'exprime en radian.



5.1 Calculer le poids d'une béquille courbe.

Le schéma mécanique retenu est le suivant :



Le point A symbolise l'attache des deux tubes creux en tête de la béquille courbe.

Le point B schématise la liaison en pied de la béquille.

On considère pour la suite, que le poids propre pondéré de la béquille courbe s'élève à 270 kN et s'applique au point G.

Les tubes creux sont en acier de nuance :

$f_y = 235 \text{ MPa}$ .

5.2 Déterminer le tube creux satisfaisant en partie courante, en respectant la condition de résistance

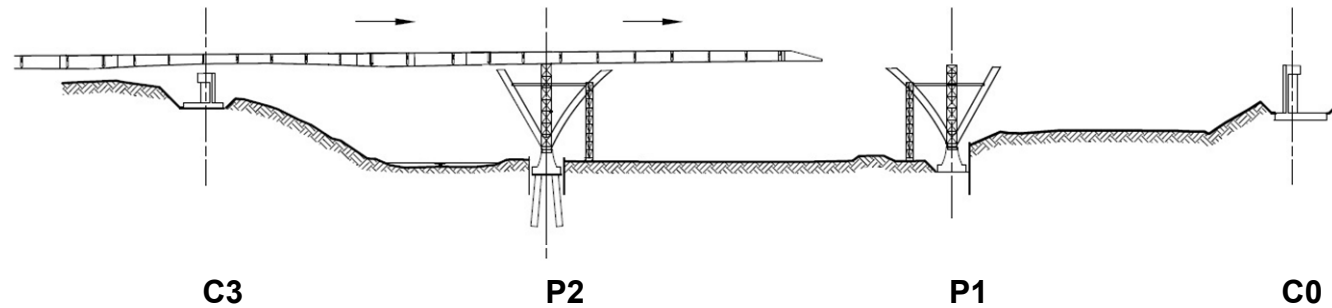
suivante :  $N_{ed} \leq N_{pl,Rd}$ .

## Étude 6 : Vérification de section

Compétence détaillée visée : Dimensionner tout ou partie d'un ouvrage.

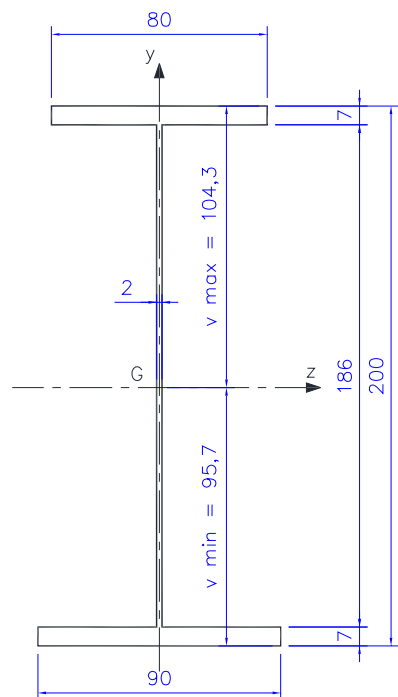
Voir les documents techniques DT8.

Il s'agit d'étudier le lançage et en particulier de vérifier la section de l'ossature au droit de l'appui P2.



L'ossature métallique est composée de 2 PRS (Profils Reconstitués Soudés) que l'on considère de section constante et reliés par des entretoises.

L'avant bec, de longueur 12,00 m, est plus léger que l'ossature. On estime que son poids équivaut à une charge uniformément répartie  $q = 5 \text{ kN/m}$ . Le poids de l'ossature est  $p = 15 \text{ kN/m}$ .

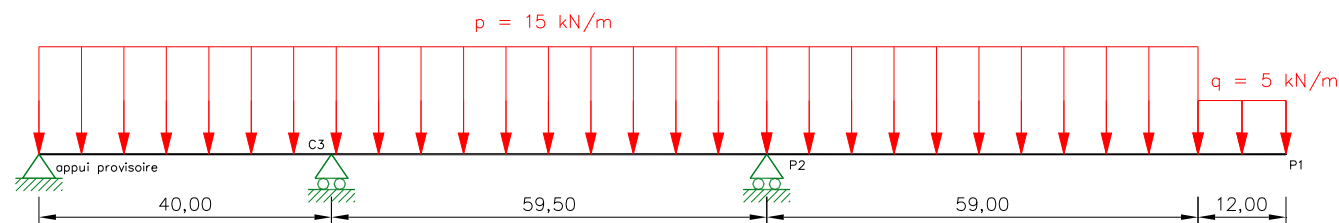


Caractéristiques des matériaux :

- Ossature métallique en S355 :  $f_y = 355 \text{ MPa}$ ,
- Module d'élasticité :  $E = 210000 \text{ MPa}$ .
- PRS de classe 3
- Caractéristiques géométriques :
  - Section du profilé :  $S = 0,156 \text{ m}^2$
  - Module de flexion :  $W_{el,min} = I_{Gz} / v_{max}$
  - Moment quadratique d'inertie d'un profilé :  $I_{Gz} = 0,121 \text{ m}^4$

Remarque : les cotes sont en centimètres.

L'étude mécanique se fera sur un profilé schématisé de la façon suivante :



On considère que les moments et efforts tranchants seront maximaux en P2 lors de l'acostage de l'ossature en P1.

6.1 Calculer le moment en P2 noté  $M_{P2}$ .

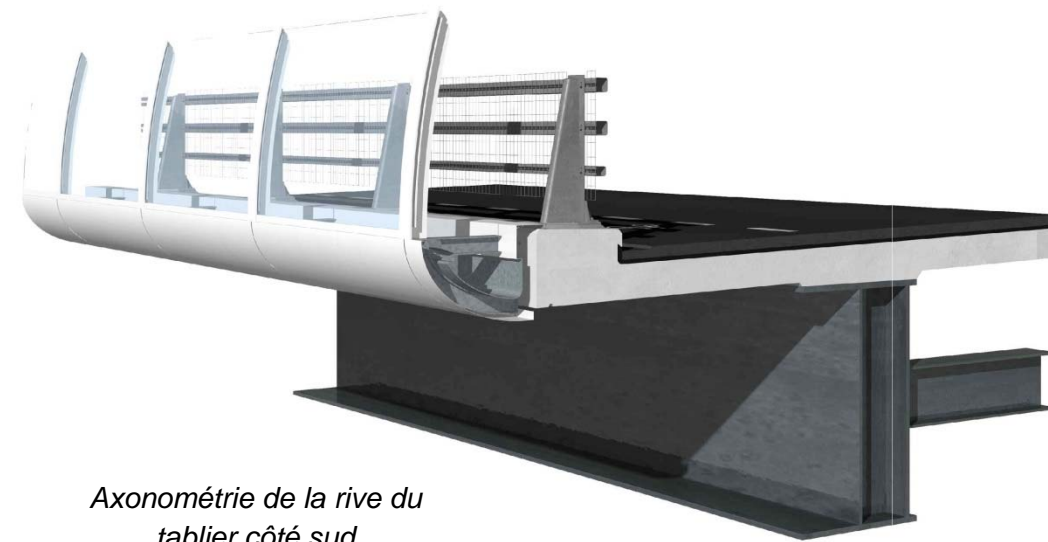
6.2 À l'aide du DT8, vérifier la section du profilé au droit de l'appui P2 en considérant les sollicitations pondérées suivantes :  $M_{Ed} = 40,5 \text{ MN.m}$  et  $V_{Ed} = 1276 \text{ kN}$ .

## Étude 7 : Étude des équipements de l'ouvrage

Compétence détaillée visée : Rédiger et/ou adapter des articles d'un DCE.

Voir les documents techniques et réponses DT9, DR6.

Afin de préparer le dossier de consultation des entreprises (DCE), il est demandé d'établir un plan contractuel de définition des équipements de l'ouvrage et de rédiger un extrait du bordereau des prix unitaires.



Axonométrie de la rive du tablier côté sud

Les données relatives aux équipements pour cette étude figurent sur le DT9.

7.1 Représenter, sur le document réponse DR6, les équipements sur la rive du tablier côté nord. Le dessin sera coté et légendé. Le dispositif de sécurité sera représenté de façon simplifiée.

7.2 Pour l'exécution de l'étanchéité, sur le DR6, compléter l'extrait du CCTP du DT9 précisant le sens de pose des lés.

7.3 Compléter, sur le DR6, la désignation des ouvrages pour l'article du prix « 1905.01- Etanchéité pour chaussée » du Bordereau des prix.

# DOCUMENTS TECHNIQUES

DT1 : Extrait profil en long de la voie de liaison

DT2 : Géométrie du viaduc

DT3 : Plan de coffrage de pile P1

DT4 : Contraintes liées à la présence des voies S.N.C.F.

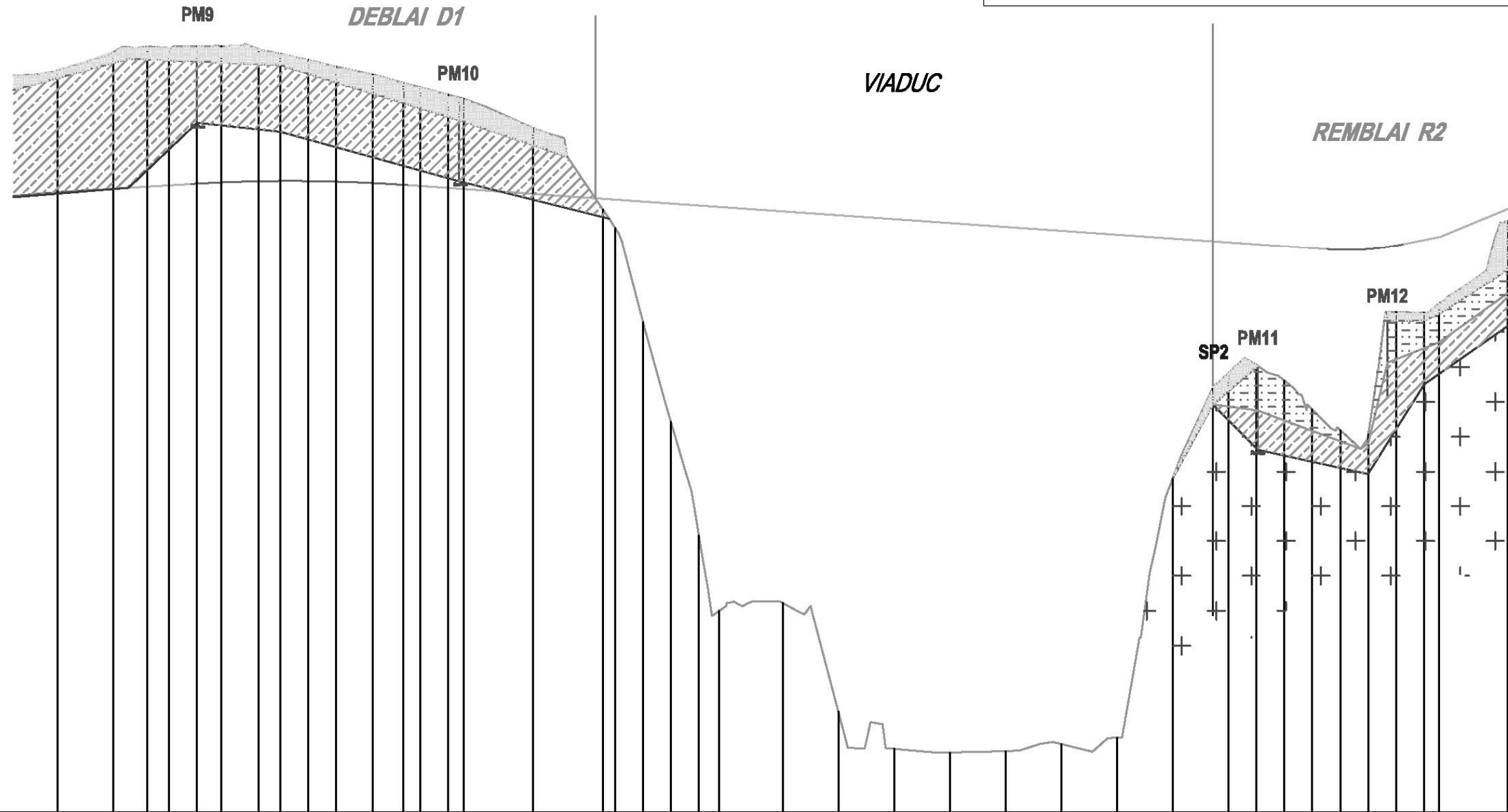
DT5 : Extraits du CCTP

DT6 : Extraits de l'EUROCODE

DT7 : Caractéristiques des profilés

DT8 : Extraits de l'EUROCODE

DT9 : Données techniques relatives aux équipements de l'ouvrage

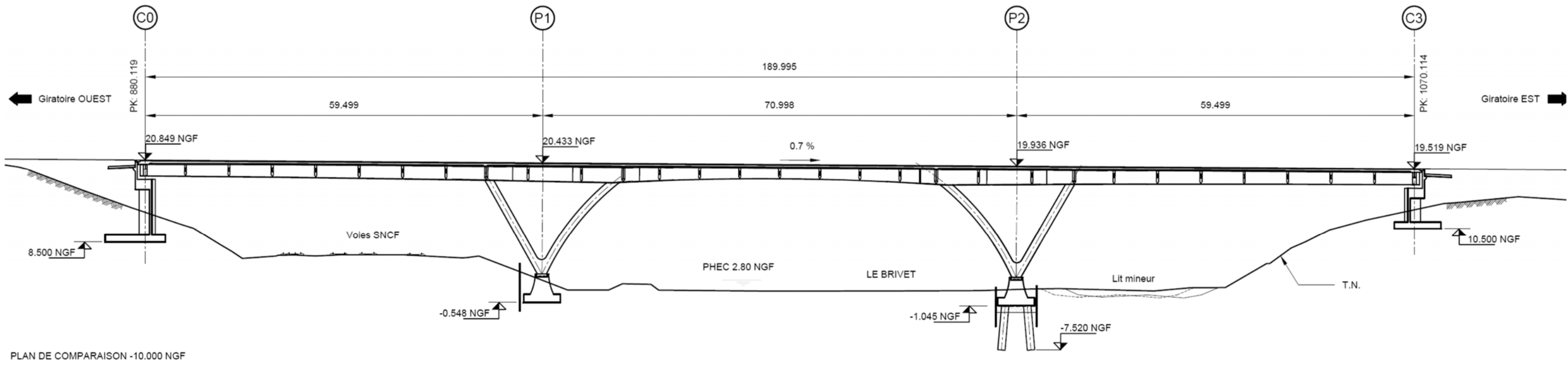


Echelle en Z = 10 x Echelle X

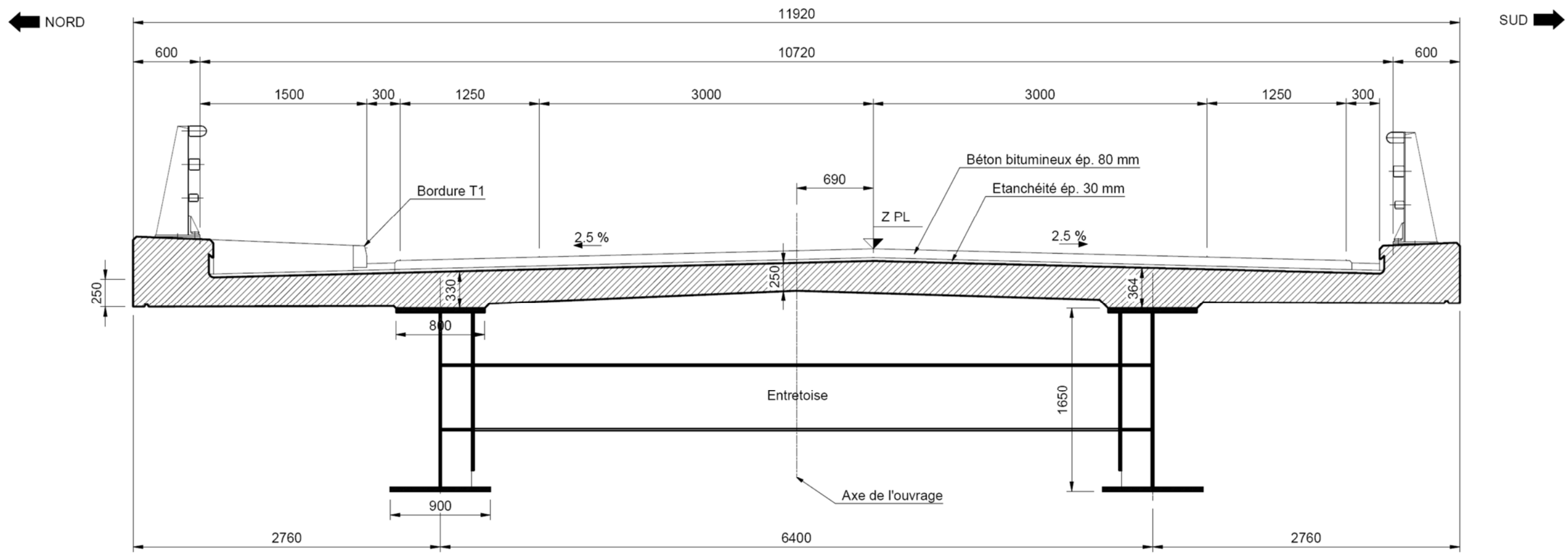
PC : -1.00 m

Numéro de profils en travers	P44	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67	P68	P69	P70	P71	P72	P73	P74	P75	P76	P77	P78	P79	P80	P81	P82	P83			
Altitudes TN	25.63	26.29	26.47	26.43	26.50	26.50	26.39	26.22	26.00	25.76	25.48	25.18	25.02	24.76	24.61	23.55	20.63	19.97	16.57	13.00	8.92	6.22	6.51	2.63	1.29	1.16	1.21	1.46	1.89	11.01	14.77	15.05	14.48	13.45	12.72	12.56	16.95	16.92	17.26	20.20			
Altitudes Projet	21.26	21.39	21.46	21.51	21.57	21.61	21.65	21.66	21.66	21.64	21.59	21.52	21.48	21.41	21.37	21.20	21.02	20.99	20.92	20.85	20.78	20.73	20.57	20.43	20.29	20.01	19.87	19.73	19.59	19.45	19.38	19.31	19.24	19.18	19.21	19.33	19.53	19.64	20.66				
Distances cumulées	660.00	680.00	692.09	700.00	710.00	718.76	732.09	740.00	750.00	760.00	773.04	783.90	790.00	800.00	805.61	830.61	855.61	860.00	870.00	880.00	890.00	897.21	920.00	940.00	960.00	980.00	1000.00	1020.00	1040.00	1060.00	1080.00	1090.00	1100.00	1110.00	1120.00	1130.00	1140.00	1150.00	1156.58	1180.06			
Pentes et rampes	RAMPE L = 32.58 P = 0.60 ‰		RP = -6000.00 L = 78.00 m													PENTE L = 330.01 m P = -0.70 ‰													RP = 1000.00 L = 27.00 m		RAMPE L = 13.37 P = 2.9 ‰		RAMPE L = 24.31 P = 4.16 ‰										
Alignements droits et courbes			CL A = -69.28 L = 40.00 m		ARC R = -120.00 m L = 40.95 m		DROITE L = 57.57 m					DROITE L = 25.00 m		ARC R = 140.00 m L = 41.60 m		DROITE L = 282.85 m																											
Dévers Gauche	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-1.02 ‰	2.50 ‰	5.10 ‰	5.10 ‰	5.10 ‰	4.88 ‰	4.84 ‰	4.11 ‰	3.76 ‰	2.07 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰		
Dévers Droit	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-5.10 ‰	-5.10 ‰	-5.10 ‰	-4.69 ‰	-3.85 ‰	-2.58 ‰	-1.67 ‰	-0.57 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰	-2.50 ‰

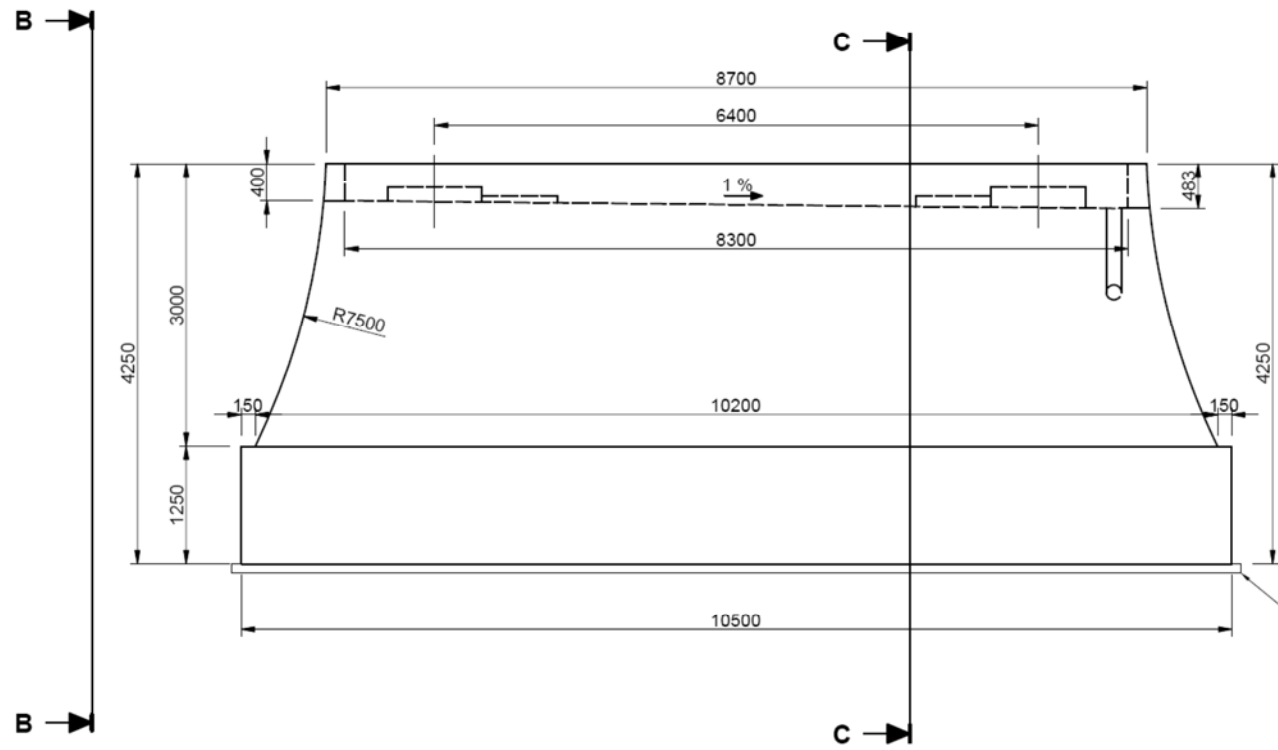




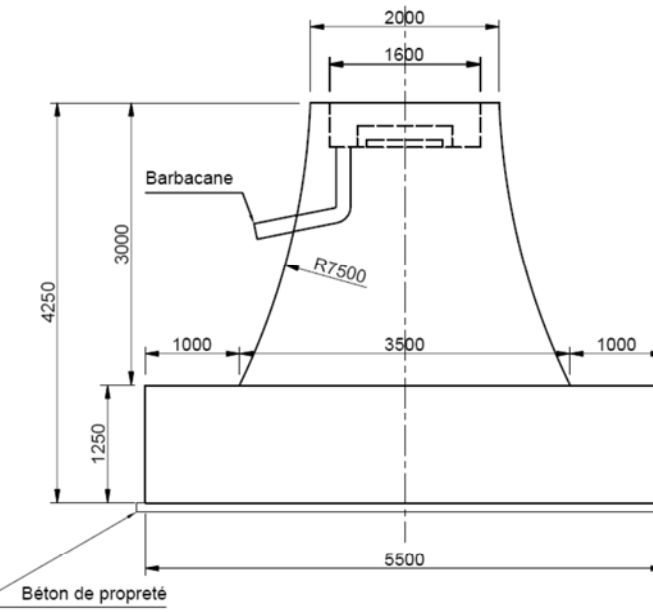
**COUPE TRANSVERSALE EN TRAVEE**



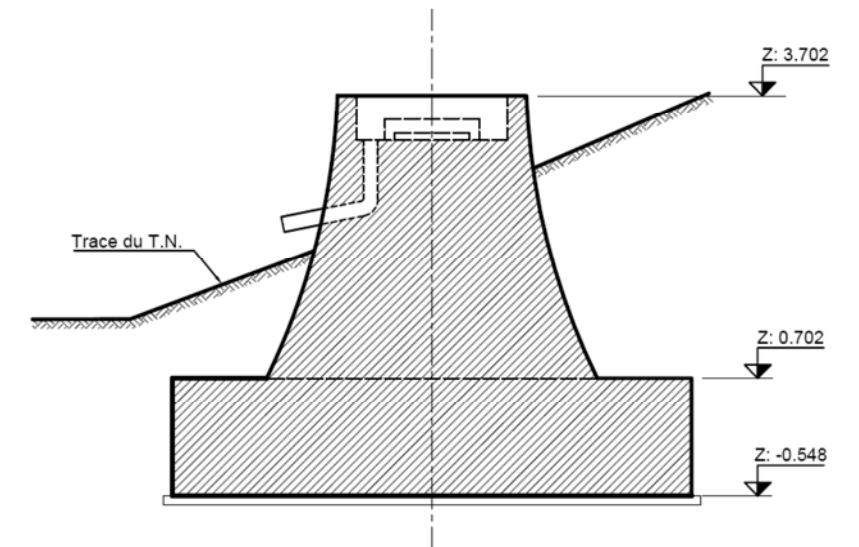
**ELEVATION SUIVANT A**



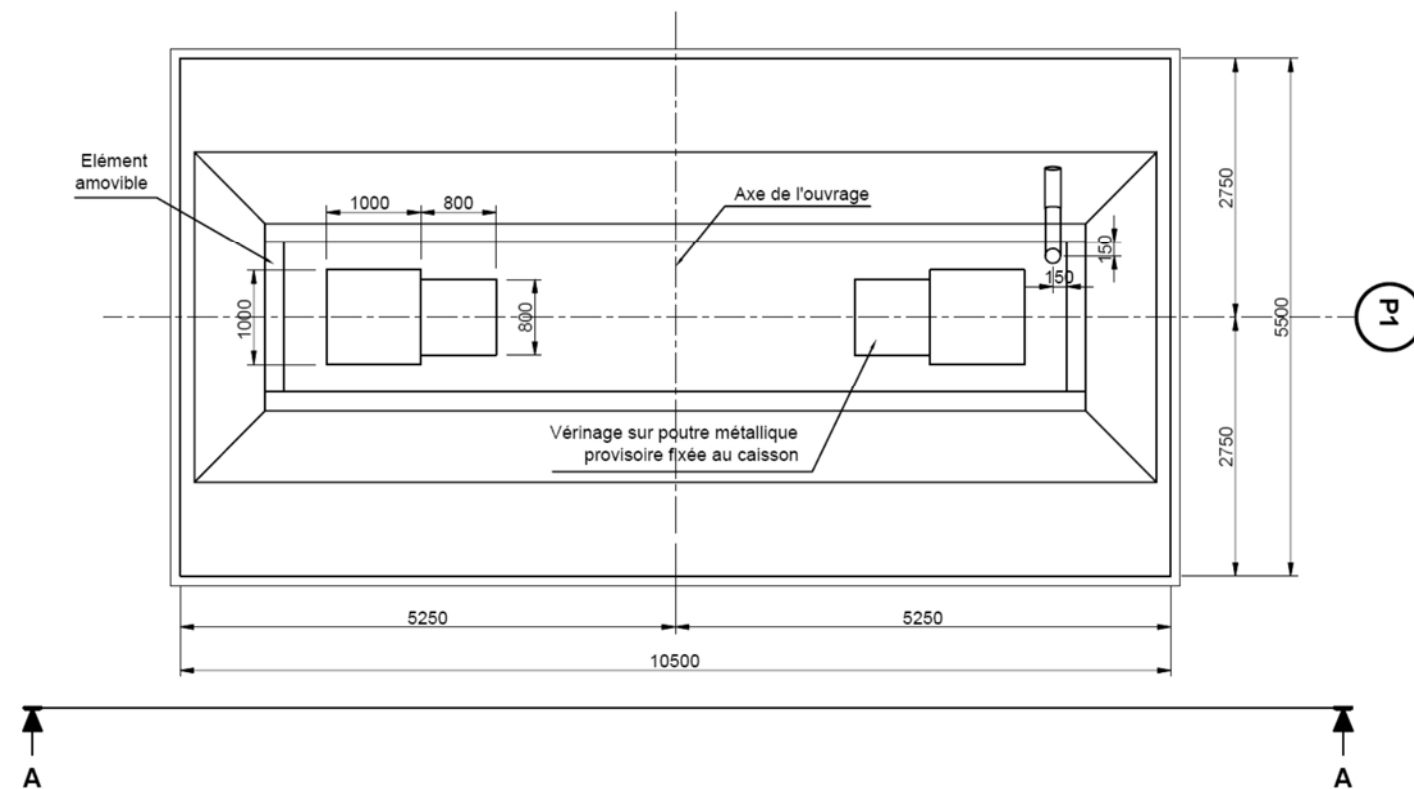
**ELEVATION SUIVANT B**



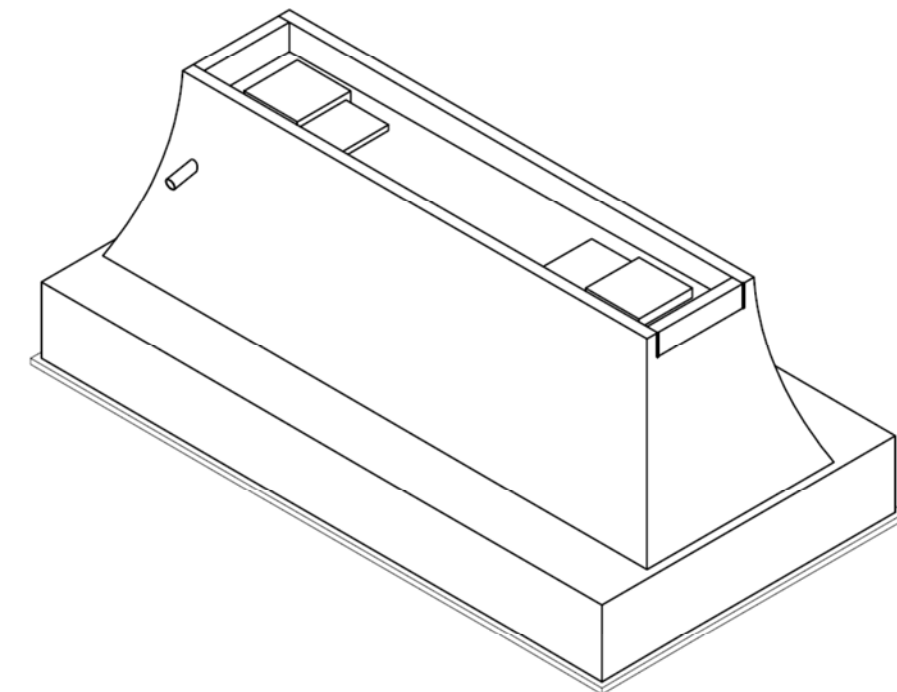
**COUPE C-C**



**VUE EN PLAN**



**VUE ISOMETRIQUE**



**Le maintien d'un gabarit :**

- **Durant la vie de l'ouvrage :**
  - gabarit vertical : 10,25 m au-dessus du rail le plus haut
  - gabarit horizontal : la distance entre le parement et l'axe de la voie la plus proche devra excéder 5,80 m.
- **Durant la période des travaux :**
  - gabarit vertical : 10,25 m au-dessus du rail le plus haut réduit à 5,45 m dans l'hypothèse d'un abaissement des feeders d'alimentation,
  - gabarit horizontal : 3,00 m centré sur l'axe des voies principales et de service.

**Opérations de lançage de tabliers (ou éléments de tabliers)**

D'une manière générale, les opérations de lançage d'ossature ou éléments d'ossatures au-dessus des voies ferrées (y compris opérations de vérinage) ne sont autorisées que lors de périodes d'interdiction des circulations ferroviaires et mise hors tension des installations électriques (caténaires, feeders). La remise sous tension des installations électriques et la reprise du trafic ne peuvent être autorisées qu'après que le maître d'œuvre se soit assuré que les éléments mis en place sont convenablement stabilisés sur leurs appuis (point d'arrêt).

**Travaux à proximité des voies :**

- **Implantation des engins et matériels de chantier, zones d'évolution**

Les engins et matériels de chantier ne doivent en aucun cas pénétrer à l'intérieur d'une zone, dite zone interdite, délimitée par un plan vertical situé à 3 m de l'axe des voies ou d'installations électriques sous tension (y compris feeders). Les zones d'évolution des engins doivent être matérialisées sur le terrain et apparaître, dans toutes les phases travaux sur les dessins d'exécution.

- **Engins et matériels induisant des vibrations**

Le recours au vibrofonçage, battage de tubes ou profilés à moins de 50 m des installations ferroviaires est interdit. Entre 50 m et 200 m, l'utilisation de telles techniques est soumise à l'accord préalable de la SNCF.

- **Btonnage au-dessus des voies maintenues en exploitation**

L'approvisionnement du béton se fait obligatoirement à la pompe.

L'approvisionnement du béton et le bétonnage des parties de tablier, ou de dalle au-dessus des voies, sont interrompus pendant le passage des trains, que la partie en question soit coffre et étayée de manière fixe ou qu'elle soit coulée au moyen d'un équipage mobile.

Dans le silence du marché, le bétonnage de la travée au-dessus des voies est exécuté à la faveur d'interceptions des circulations ferroviaires et mise hors tension des installations électriques.

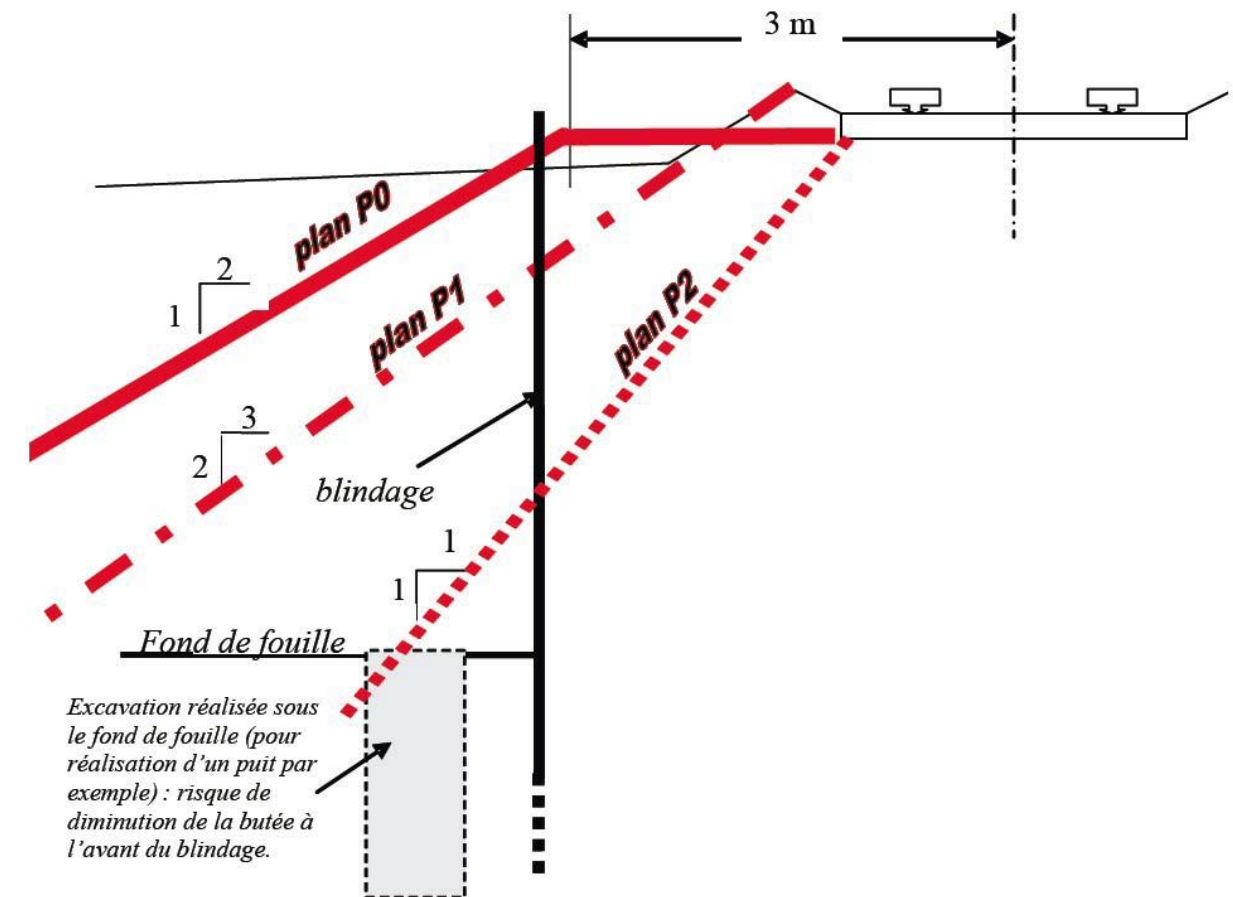
- **Terrassements et blindages  proximité des voies**

Sont considérés comme étant réalisés «  proximité des voies ferrées » les travaux de terrassement, fouilles et blindages dont l'exécution est susceptible de modifier la géométrie et/ou la stabilité des voies ferrées.

On admet que c'est le cas lorsque les fouilles ou déblais pénètrent sous un plan P0 incliné à 2 (sens horizontal) pour 1 (sens vertical) passant par un point situé à 3 mètres de l'axe de la voie (soit 2,22 m environ du bord extérieur du rail).

Une fouille pénétrant dans le plan P1 incliné à 3 (sens horizontal) pour 2 (sens vertical) issu de la crête de la banquette de ballast est systématiquement blindée.

Si le plan P2 est intercepté, une sur-profondeur d'ancrage est à prévoir.



Le dimensionnement de ces blindages dépend essentiellement :

- de la constitution du blindage (auto-stable ou butonn ou tirant),
- de la vitesse de circulation sur la ligne,
- de la distance du blindage à la voie,
- de la profondeur de la fouille.

(Source référentiel Infrastructure de la S.N.C.F.)

## Extrait du CCTP – Fascicule E04 (Bétons et mortiers)

### ARTICLE 1 DÉFINITION DES BÉTONS ET MORTIERS

#### 1.1 DÉFINITION DES BÉTONS

##### 1.1.1 Généralités

En complément à l'annexe NA.F de la NF EN 206-01 et au F65:

- les désignations, les classes d'exposition et la classe de chlorures au sens de la norme NF EN 206-1,
- le dosage en liant, les destinations, les classes de résistance et les caractéristiques complémentaires exigées des différents bétons,

Sont indiqués dans les tableaux ci-après (la nature du ciment n'est donnée qu'à titre indicatif).

De plus, **tous les bétons seront étudiés pour résister aux réactions alcali-silice**, et les bétons de pièces massives devront également résister aux réactions sulfatiques internes (cf. article 4.12 du présent fascicule).

##### 1.1.2 Fondations

Parties d'ouvrages	Classes d'exposition et de chlorures	Classe de résistance	D <sub>max</sub> en mm	Teneur minimale en liant équivalent	Nature du ciment	Caractéristiques complémentaires du ciment	Eeff/Leq	Caractéristiques complémentaires
Fondations profondes	XC2	C30/37	20	385kg		PM	0.50	
	XA1							
	CI 0,4							
Béton de propreté	X0	C20/25	20	250kg				
Semelles de fondation, béton de blocage sous les semelles de fondation	XC2	C35/45	20	350 kg	CEMIII	ES	0,45	LH
	XA2							
	CI 0,4							
Bouchon de gros béton (batardeau)	XC1	C35/45	20	330kg		PM	0,50	LH
	XS2							
	CI 0,2							

##### 1.1.3 Appuis et cadres

Il s'agit des élévations des :

- Piles (fûts) et culées,

Parties d'ouvrages	Classes d'exposition et de chlorures	Classe de résistance	D <sub>max</sub> en mm	Teneur minimale en liant équivalent	Nature du ciment	Caractéristiques complémentaires du ciment	Eeff/Leq	Caractéristiques complémentaires
Piles et culées	XC4	C35/45	20	350kg	CEMI ou	ES	0,45	

## Extrait du CCTP – Fascicule E06 (Parements et coffrages)

### ARTICLE 3 : COFFRAGES ET PAREMENTS EN BÉTON

#### 3.1 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Les équipements de coffrage pour les parties vues de l'ouvrage feront l'objet d'un projet soumis à l'agrément du Maître d'Œuvre qui précisera notamment l'emplacement des joints entre panneaux et des tiges de serrage.

#### 3.2 - CONCEPTION

##### 3.2.1 - Coffrages du tablier

. Les pièces dont la rupture accidentelle pourrait entraîner la chute de tout ou partie du coffrage seront obligatoirement doublées.

. Les équipages mobiles et les cintres seront équipés dès leur montage sur site des portants nécessaires au bâchage éventuel de l'aire de bétonnage (la surface couverte étant celle d'un plot ou d'un voussoir bétonné en une seule phase). Les bâches isothermes correspondantes seront approvisionnées sur le chantier.

. L'utilisation de coffrages métalliques perdus ou de prédalles participant ou non à la résistance de la structure est interdite.

##### 3.2.2 - Coffrages des piles

Les coffrages outils et leurs étalements seront fixés et contreventés.

Tous les trous de fixations des coffrages non traversants devront être rebouchés de façon à éviter l'éclatement du béton sous l'effet du gel. La position et le diamètre de ces trous seront soumis à l'accord préalable du Maître d'Œuvre : ils devront figurer sur les plans d'exécution.

##### • Coffrage des semelles de piles

Il ne sera pas admis de bétonner les semelles à pleine fouille. Les parois verticales des semelles devront être coffrées dans tous les cas (parement simple), même en fond de batardeau.

##### • Coffrage des fûts de piles

Les fûts de pile sur semelle présentent un parement architectural de style planche de bois (parement fin).

L'Entrepreneur prévoira tous les moyens de pose, de calage et d'étalement provisoire ainsi que les dispositifs permettant d'assurer la reprise des efforts de poussée du béton frais. Les dispositifs d'étanchéité entre éléments devront interdire les fuites de laitance.

#### 3.3 - MISE EN OEUVRE DES COFFRAGES

La flèche des coffrages sous le poids du béton frais devra rester inférieure à :

- 4 mm sur une longueur de 2 m.
- 10 mm en quelque point que ce soit.



1. Valeurs des coefficients partiels de sécurité  $\gamma_M$

Valeurs des coefficients partiels de sécurité $\gamma_M$ sur les résistances pour le calcul aux ELU			
Résistance concernée	Symbole utilisé	Domaine d'application	Valeurs EC3-DAN
Résistance des sections	$\gamma_{M0}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance des sections :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>de classes 1, 2 ou 3                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>bénéficiant de la marque NF Acier</li> <li>dans les autres cas</li> </ul> </li> <li>de classe 4</li> </ul> </li> </ul>	1,00 1,00 1,00
	$\gamma_{M2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance de section nette au droit des trous de boulons</li> </ul>	1,25

2. Résistance des sections transversales

2.1. Caractéristiques géométriques des sections transversales

2.1.1. Aire brute ( $A$ )

Elle est calculée en utilisant les dimensions nominales sans déduire les trous pratiqués pour les fixations, mais il faut tenir compte des ouvertures plus importantes.

2.1.2. Aire nette ( $A_{net}$ )

Elle est égale à l'aire brute diminuée des aires des trous et autres ouvertures.

2.2. Effort axial de traction ( $N$ )

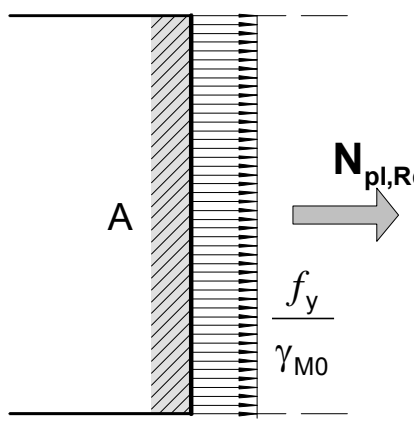
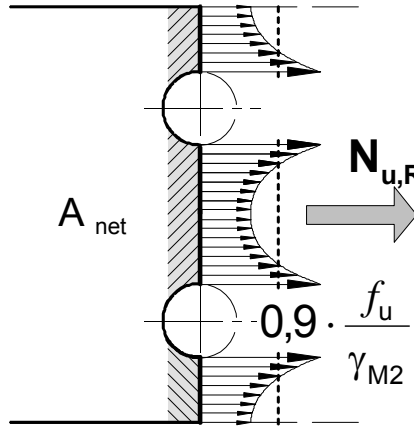
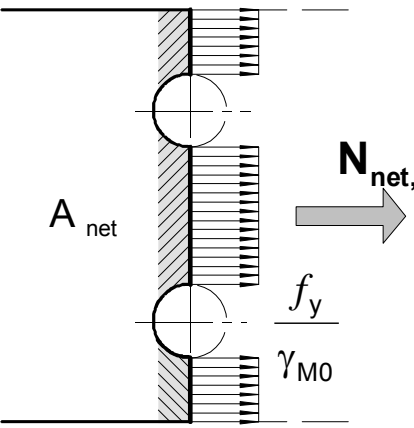
On doit vérifier :  $N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = \min( N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}, N_{net,Rd} )$  où

$N_{Ed}$  = Effort de traction (agissant) sollicitant la section

$N_{t,Rd}$  = Résistance de calcul à la traction de la section, prise comme la plus petite des valeurs suivantes :

Lorsqu'un comportement ductile est requis, c'est à dire lorsque la section brute doit se plastifier avant la

rupture de la section nette, il convient de vérifier la condition supplémentaire :  $N_{u,Rd} \geq N_{pl,Rd}$

SECTION BRUTE (en partie courante)	SECTION NETTE (perçages déduits au droit des assemblages)	
<p>On considère que l'état de plastification est atteint sur toute la section transversale.</p> 	<p><b>Assemblage par boulons ordinaires :</b></p> <p>Il y a amplification des contraintes de traction au droit des perçages.</p> 	<p><b>Assemblage par boulons précontraints (HR) :</b></p> <p>L'étreinte latérale permet une répartition quasi uniforme des contraintes de traction</p> 
<p>Résistance plastique de calcul de la section brute</p> $N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	<p>Résistance ultime de calcul de la section nette au droit des trous de fixations</p> $N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$ <p>Validité de cette expression : attaches symétriques.</p> <p>Pour des cornières assemblées par une seule aile et autres types de sections assemblées par des parois en console, se référer à : EN 1993-1-8 clause 3.6.3</p>	<p>Résistance plastique de la section nette, à considérer dans le cas d'assemblages par boulons HR précontraints 8.8 ou 10.9 (attaches boulonnées de catégorie C) pour lesquels aucun glissement n'est autorisé.</p> $N_{net,Rd} = A_{net} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$



## TUBES ET PROFILS CREUX

### PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID

Norme de référence : NF EN 10219

État de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

#### SECTIONS CIRCULAIRES FORMÉES À FROID

DIAMÈTRE EXTÉRIEUR	ÉPAISSEUR	MASSE LINÉIQUE	AIRE DE SECTION TRANSVERSALE	MOMENT D'INERTIE DE FLEXION	RAYON DE GIRATION
mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm
21,3	2	0,95	1,21	0,57	0,686
	2,3	1,08	1,37	0,629	0,677
25	2	1,13	1,45	0,963	0,816
26,9	2	1,23	1,56	1,22	0,883
	2,3	1,40	1,78	1,36	0,874
30	2	1,38	1,76	1,73	0,992
33,7	2	1,56	1,99	2,511	1,123
	2,6	1,99	2,54	3,09	1,10
	2,9	2,20	2,81	3,36	1,09
	3	2,27	2,89	3,44	1,09
35	2	1,63	2,07	2,83	1,17
40	2	1,87	2,39	4,32	1,35
42,4	2	1,99	2,54	5,189	1,43
	2,6	2,55	3,25	6,46	1,41
	2,9	2,82	3,60	7,06	1,40
45	2	2,12	2,70	6,26	1,52
	2,6	2,55	3,25	6,46	1,41
	2,9	2,82	3,60	7,06	1,40
48,3	2	2,28	2,91	7,806	1,638
	2,5	2,82	3,60	9,455	1,622
	2,9	3,25	4,14	10,70	1,61
50	2	2,37	3,02	8,70	1,70
	2,5	2,82	3,60	9,455	1,622
60,3	2	2,87	3,66	15,573	2,062
	2,5	3,56	4,54	18,983	2,045
	2,9	4,11	5,23	21,60	2,03
70	2	3,37	4,32	23,50	2,02
	2,9	4,80	6,11	34,50	2,37
76,1	2	3,65	4,65	31,962	2,621



## TUBES ET PROFILS CREUX

### PROFILS CREUX DE CONSTRUCTION FINIS À FROID

Norme de référence : NF EN 10219

État de surface : noir

Qualité de base : S235JRH

#### SECTIONS CIRCULAIRES FORMÉES À FROID

DIAMÈTRE EXTÉRIEUR	ÉPAISSEUR	MASSE LINÉIQUE	AIRE DE SECTION TRANSVERSALE	MOMENT D'INERTIE DE FLEXION	RAYON DE GIRATION
mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm
76,1	2,9	5,24	6,67	44,70	2,59
	3,2	5,75	7,33	48,80	2,58
	4	7,11	9,06	59,026	2,553
88,9	2	4,28	5,46	51,542	3,073
	3	6,35	8,09	74,726	3,039
	3,2	6,76	8,62	79,20	3,03
	4	8,37	10,66	96,291	3,005
101,6	5	10,34	13,17	116,315	2,972
	2	4,91	6,25	77,593	3,522
	3	7,29	9,29	112,978	3,488
	3,6	8,70	11,10	133	3,47
114,3	4	9,62	12,26	146,21	3,454
	5	11,91	15,17	177,379	3,420
	2	5,54	7,06	111	3,97
127	3	8,23	10,48	162,466	3,936
	3,6	9,83	12,50	192	3,92
	4	10,88	13,85	210,958	3,902
	5	13,47	17,16	256,790	3,868
133	3	9,17	11,70	225	4,39
139,7	3	9,62	12,30	259	4,60
	4	12,70	16,20	338	4,56
	5	15,80	20,10	412	4,53
152,4	6	18,80	23,90	484	4,50
	3	10,11	12,88	300,937	4,834
	4	13,38	17,04	392,66	4,8
152,4	5	16,60	21,15	480,298	4,766
	3	11,10	14,10	393	5,28
152,4	4	14,60	18,60	514	5,25

1. Valeurs des coefficients partiels de sécurité  $\gamma_M$

Valeurs des coefficients partiels de sécurité $\gamma_M$ sur les résistances pour le calcul aux ELU			
Résistance concernée	Symbole utilisé	Domaine d'application	Valeurs EC3-DAN
Résistance des sections	$\gamma_{M0}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance des sections :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>de classes 1, 2 ou 3                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>bénéficiant de la marque NF Acier</li> <li>dans les autres cas</li> </ul> </li> <li>de classe 4</li> </ul> </li> </ul>	1,00 1,00 1,00
	$\gamma_{M2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance de section nette au droit des trous de boulons</li> </ul>	1,25

2. Flexion simple : Moment fléchissant et effort tranchant (M et V) vérification simplifiée

Pour le moment de flexion :

On doit vérifier :  $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

où  $M_{Ed}$  = Moment fléchissant (agissant) de calcul sollicitant la section droite à l'ELU ;

$M_{c,Rd}$  = Résistance de calcul à la flexion de la section à l'ELU.

pour une section de classe 1 ou 2	pour une section de classe 3
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ (moment résistant plastique)	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd}$ (moment résistant élastique)
$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$M_{el,Rd} = W_{el,min} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Pour l'effort tranchant

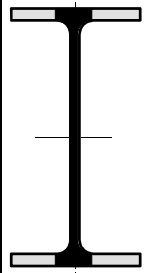
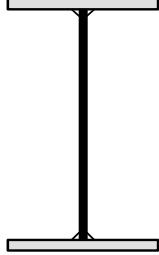
On doit vérifier :  $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$

Calcul plastique  $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,58 A_v \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

où  $V_{Ed}$  : effort tranchant (agissant) de calcul à l'E.L.U. ;

$V_{pl,Rd}$  : effort tranchant résistant à l'E.L.U. ;

$A_v$  : aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.

	<p><b>Laminés marchands :</b></p> <p>Les valeurs de l'aire plastifiée (<math>A_v</math>) sont données dans les tableaux de caractéristiques des profilés.</p>		<p><b>Profilés Reconstitués Soudés :</b></p> <p>Pour les P.R.S., la valeur de <math>A_v</math> est celle de l'âme seule.</p>
--	---	--	--

**Les superstructures et équipements :**

- **Les barrières de sécurité :**

Le tablier est bordé par une barrière de type BN4/16 sur chaque rive. Pour la prise en compte des piétons, les barrières BN4/16 sont équipées d'un grillage à mailles serrées (10 cm x 5 cm) assurant la fonction de garde-corps.

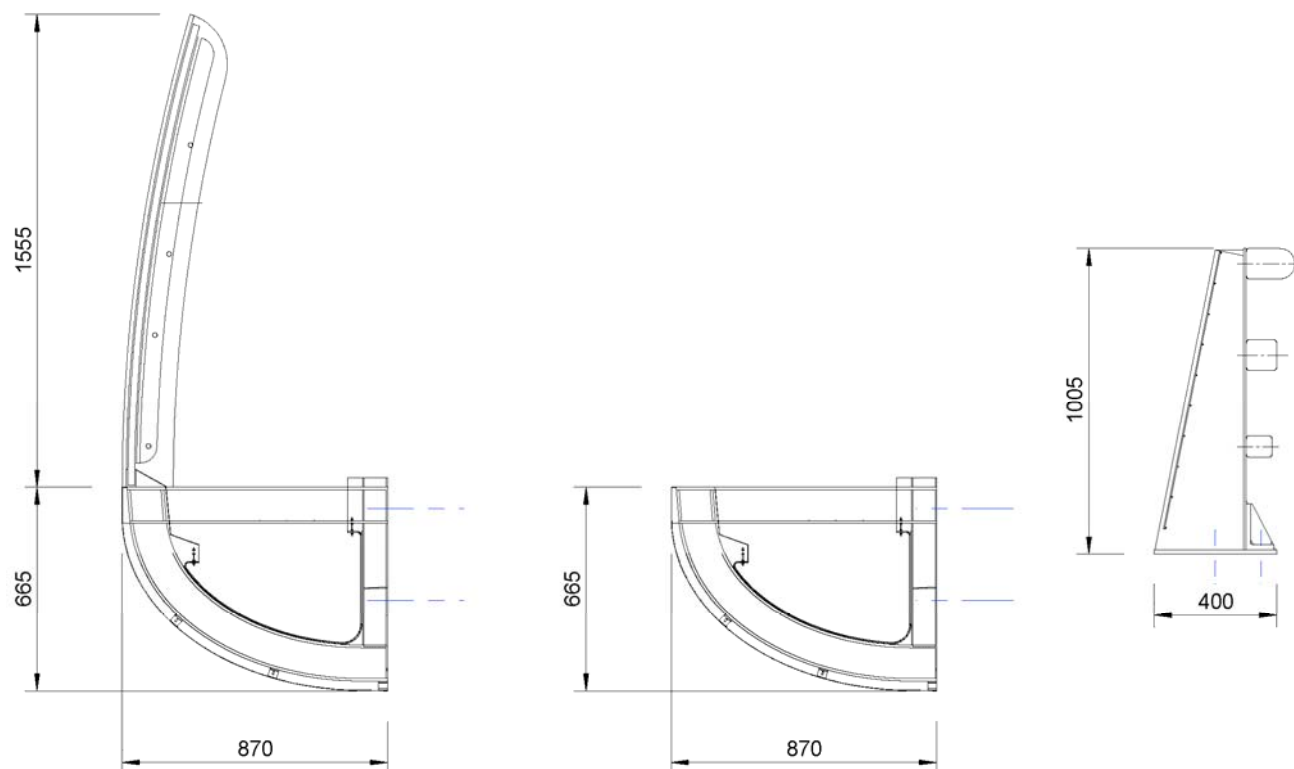
- **Les corniches caniveaux :**

La corniche caniveau métallique présente aux rives de l'ouvrage est équipée d'une tôle de bardage en acier inoxydable d'une épaisseur d'au moins 3 mm.

Pour l'éclairage, il est nécessaire de mettre en œuvre 1 Ø 63 côté Nord. Il est également prévu de réserver pour le passage de divers réseaux éventuels 3 Ø 80 sur chacune des rives de l'ouvrage. Tous ces fourreaux sont disposés dans la corniche caniveau.

- **Les écrans acoustiques situés en partie Sud du viaduc**

Il est prévu un écran réfléchissant de 1.50 m de hauteur côté sud uniquement. Cet écran est intégré à la corniche caniveau métallique sud.



- **Les trottoirs (bordures, remplissage, revêtement) :**

Le trottoir situé en rive côté droit a une largeur de 1.500 m avec une pente transversale de 4%. Il est délimité par une bordure de type T1 posée sur un lit de mortier de 20 mm minimum. Le revêtement de sol du trottoir est constitué d'un béton désactivé lavé réalisé avec des agrégats beige clair roulé.

- **Le complexe d'étanchéité et les relevés d'étanchéité :**

Le tablier est équipé d'un complexe d'étanchéité en feuilles préfabriquées adhérentes au support. Cette étanchéité sera revêtue directement d'une couche de roulement en béton bitumineux de 8 cm d'épaisseur qui, elle, est hors marché. Après la réception du support (planéité, texture, propreté) effectuée en présence du Maître d'Œuvre, de l'Entrepreneur principal et de l'Étancheur, une couche d'accrochage (E.I.F.) sera mise en place manuellement à la brosse, au rouleau ou à la raclette mousse.

Les points suivants sont importants pour une bonne exécution de l'étanchéité :

- Les dessins d'exécution devront comporter le calepinage des feuilles préfabriquées, les représentations des relevés d'étanchéité, les raccordements aux joints de chaussée, ...
- Les recouvrements minimaux entre lés seront les suivants : 8 cm le long du grand côté, 10 cm transversalement en extrémité. L'ordre de mise en place des lés sera .....  
..... **(à compléter sur le DR6)** .....
- Les joints "transversaux" seront décalés d'au moins un (1) mètre pour éviter tout double recouvrement créateur de surépaisseur excessive, et toute ligne de joint transversale. Pour adoucir les changements d'épaisseur au droit des recouvrements, on pourra chanfreiner à la spatule chaude le bord de la feuille destinée à être recouverte.
- Les feuilles devront être "soudées en plein" par fusion superficielle régulière de la totalité de leur sous-face, sans enfermer de poches d'air entre elle et le support, grâce à un marouflage très soigné, plus particulièrement encore au droit des joints. Le soudage sera réalisé :
  - soit manuellement avec un chalumeau, et un ouvrier sera spécialement affecté à la tâche du marouflage,
  - soit mécaniquement à l'aide d'une rampe de chauffage et d'un *chariot maroufleur*.

*Une épreuve de convenance permettra de valider le mode opératoire proposé par l'entrepreneur.*
- Les relevés d'étanchéité devront être systématiquement logés dans des engravures. Le fond de l'engravure sera préalablement enduit par la couche d'accrochage du procédé. Les éléments de feuilles seront soudés manuellement au chalumeau sur la totalité de la hauteur de l'engravure, avec recouvrement latéral d'au moins 6 cm et retour en talon "horizontal" d'au moins 15 cm. Les relevés devront être exécutés avant la partie courante en point bas des pentes, et de préférence après la partie courante en point haut.

- **Les drains de chaussée et de trottoirs :**

Un drain hélicoïdal de diamètre 18 mm sous trottoir sera mis en place longitudinalement. Le même drain longitudinal sera mis en place en bord de chaussée.

- **Les caniveaux fil d'eau :**

Le recueil des eaux de ruissellement est assuré par un caniveau en asphalte de 250 mm de largeur.



# DOCUMENTS RÉPONSES

DR1 : Extrait vue en plan de l'assainissement routier

DR2 : Dimensionnement de la canalisation en amont du bassin

DR3 : Vérification des contraintes liées à la présence des voies S.N.C.F. (1)

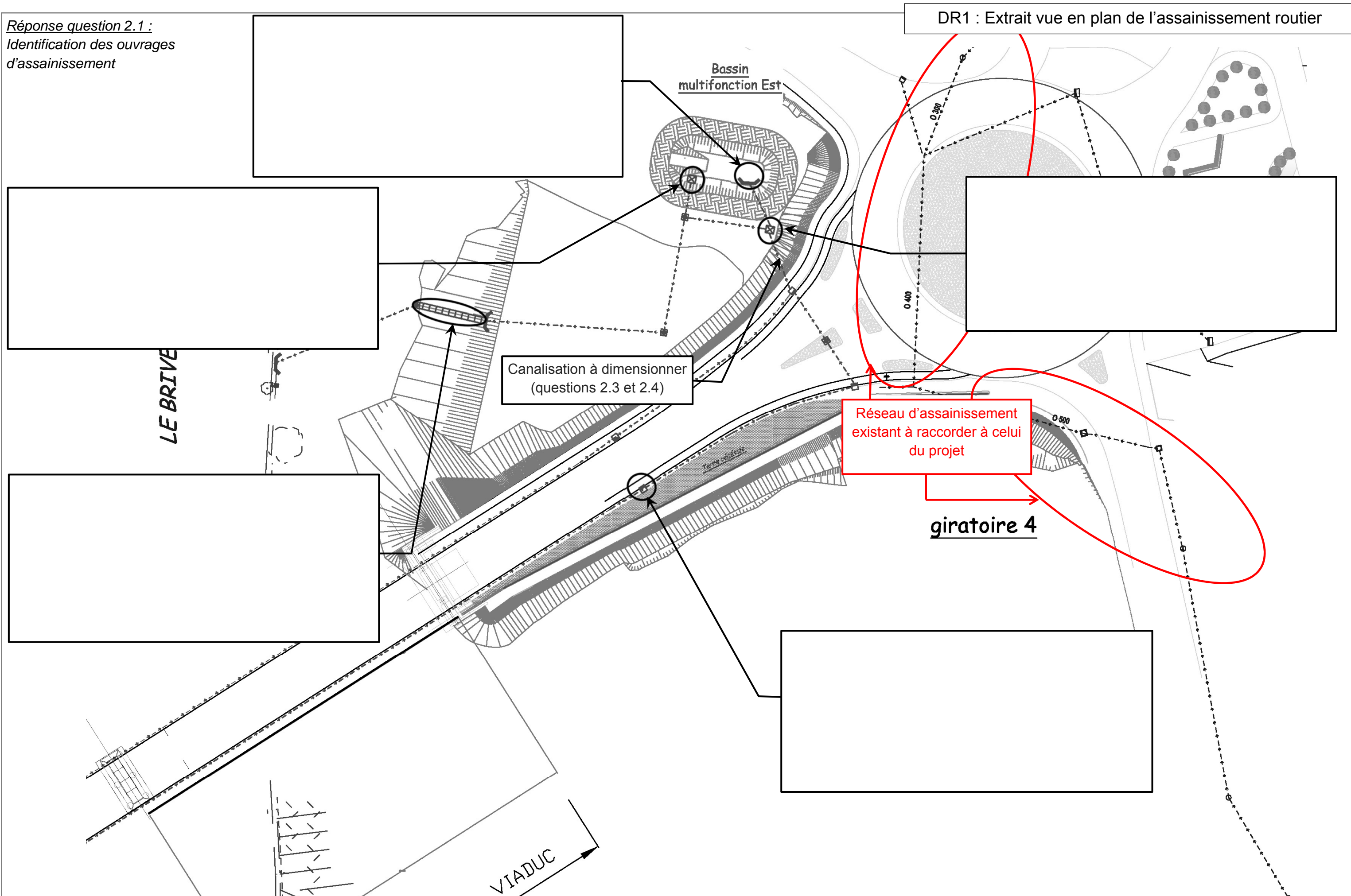
DR4 : Vérification des contraintes liées à la présence des voies S.N.C.F. (2)

DR5 : Quantitatif du massif de la pile P1

DR6 : Dessin de détail des équipements et extrait B.P.U.

Réponse question 2.1 :  
Identification des ouvrages  
d'assainissement

DR1 : Extrait vue en plan de l'assainissement routier



Questions 2.3 et 2.4 : Annoter les 2 abaques et rédiger votre réponse sur la copie

La France est découpée en trois régions conformément à la carte ci-dessous :

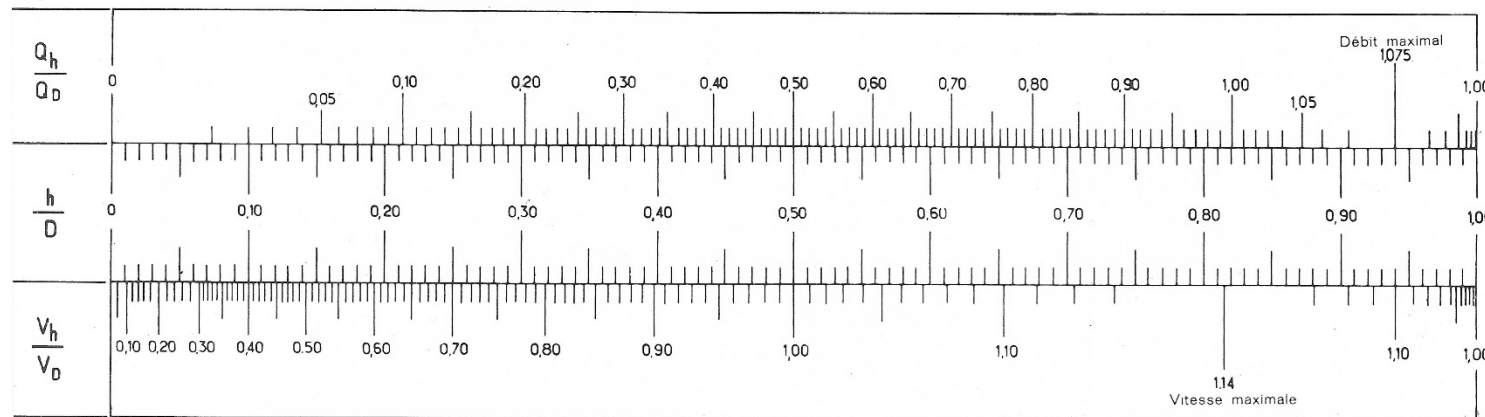
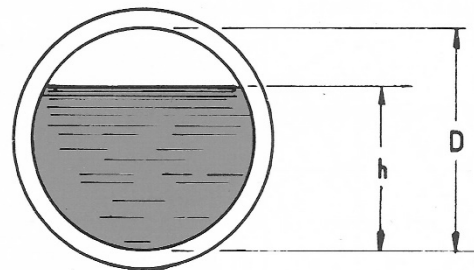


L'intensité de précipitation à prendre en compte est donnée dans le tableau suivant :

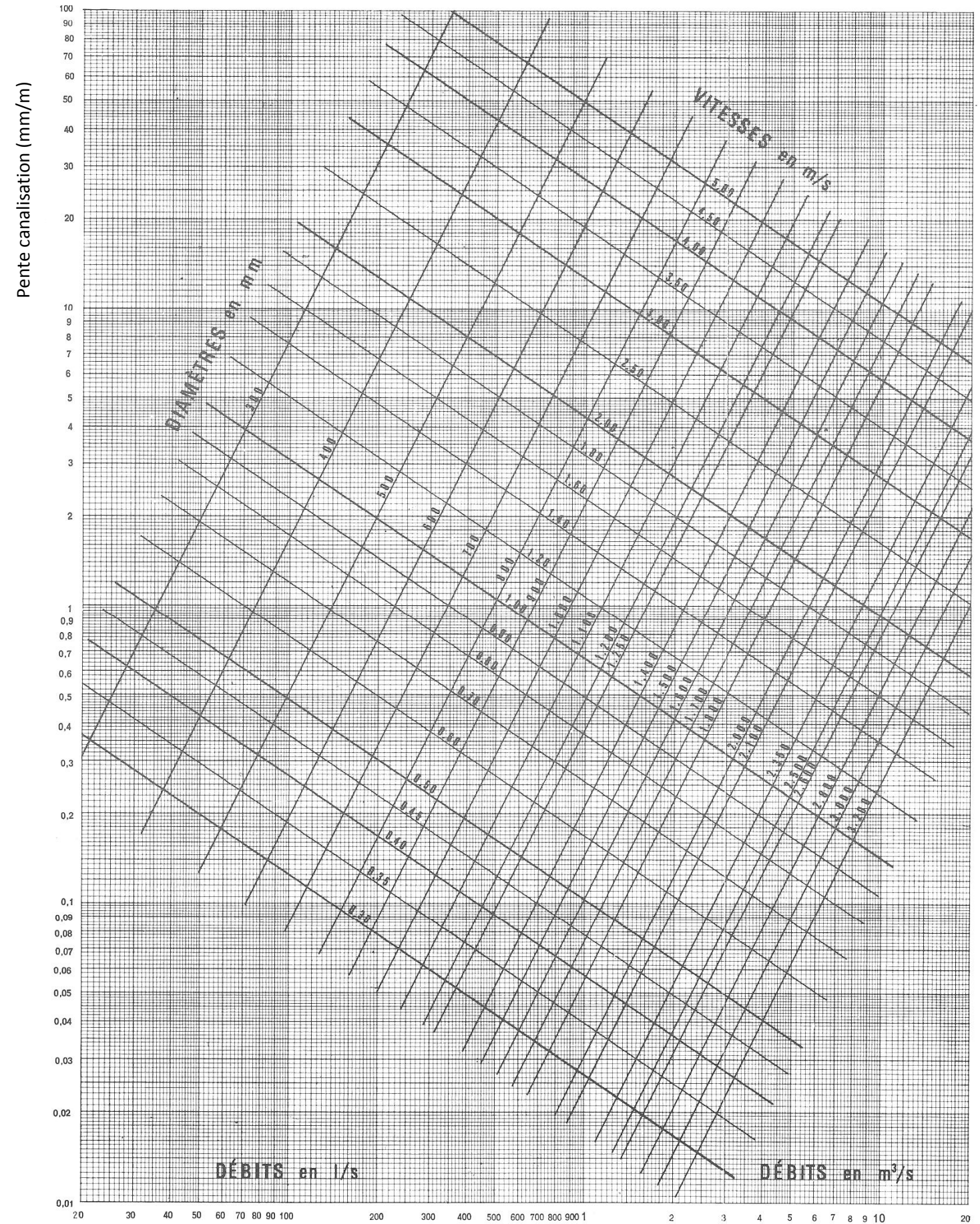
	Intensité d'averse mm /h			
	Décennales		Quinquennales	
	10 mn	15 mn	10 mn	15 mn
I	91	72	74	57
II	113	90	89	70
III	133	111	109	89

$Q_D$  : Débit de la conduite pleine.

$Q_H$  : Débit de la conduite partiellement remplie correspondant au débit minimum à assurer.



Abaque de correction du débit et de la vitesse pour une **conduite partiellement remplie** en béton (source Bonna Sabla)

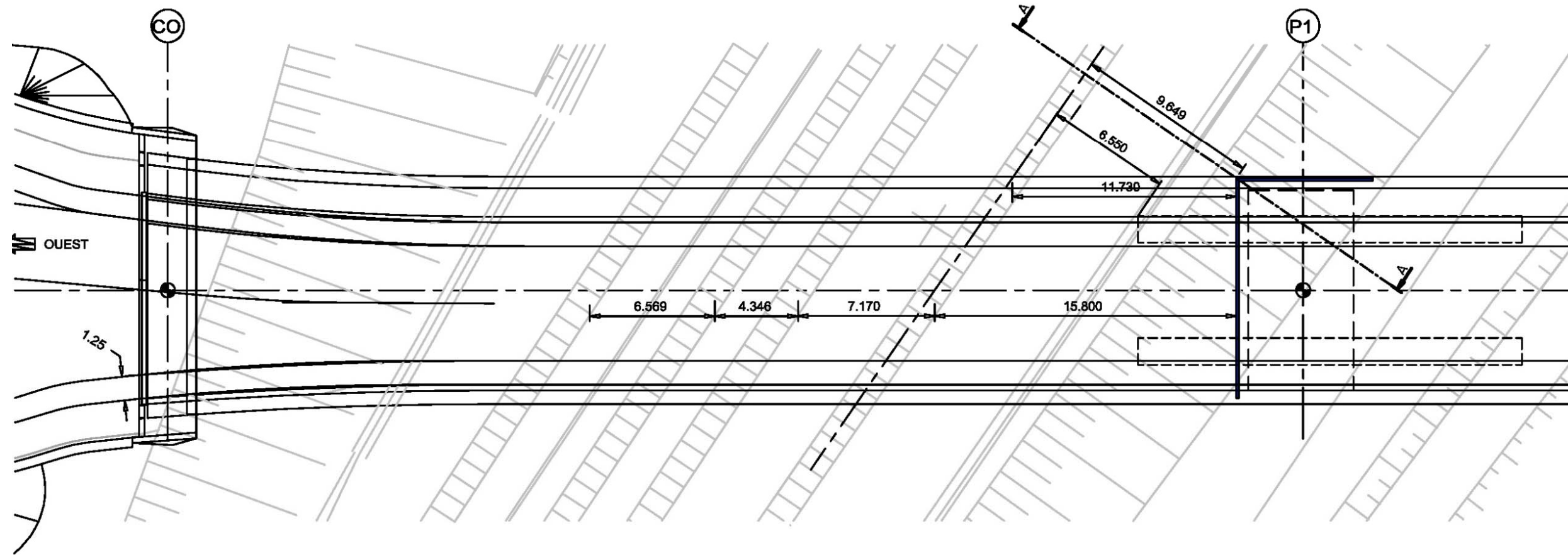


Abaque de dimensionnement **conduite pleine** en béton (source Bonna Sabla)

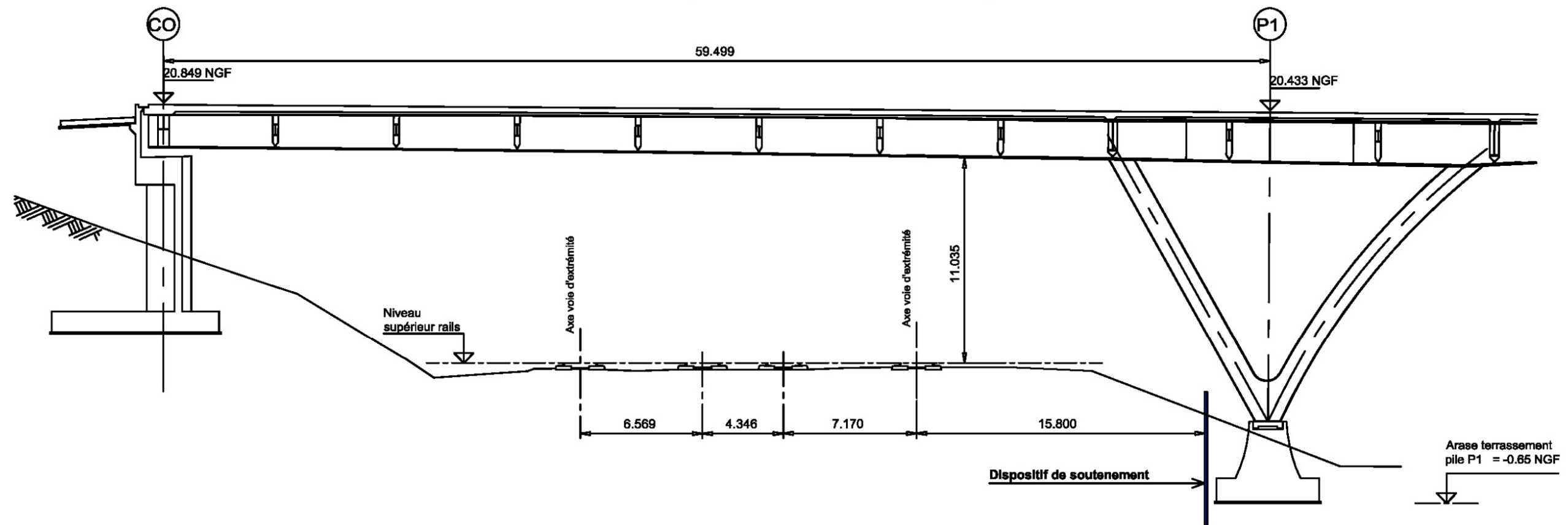


Réponse question 3.1 : Tracé du gabarit en service

VUE EN PLAN (Ech. 1/250)



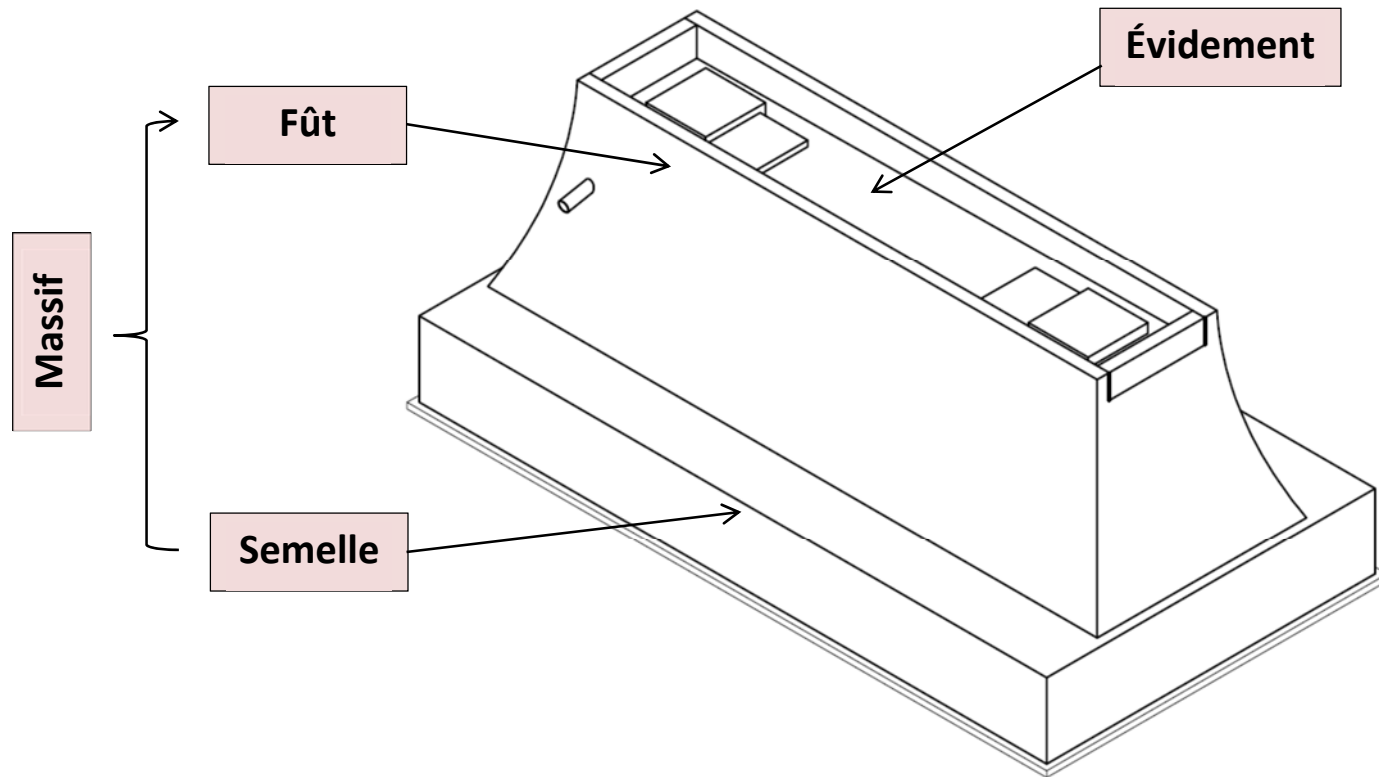
COUPE LONGITUDINALE (Ech. 1/250)





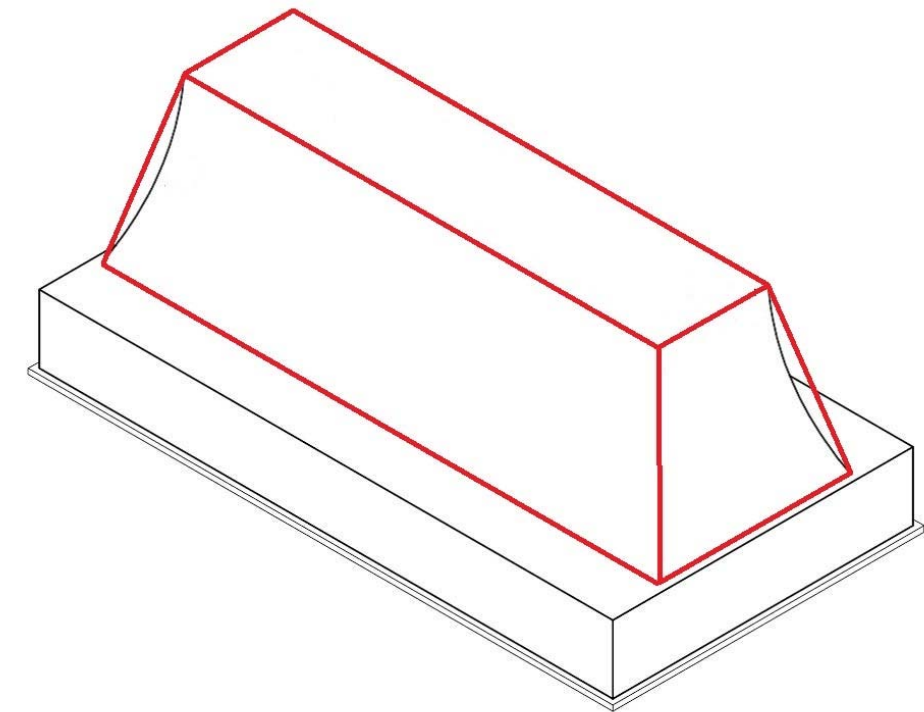


Réponse question 4.1 : Identifier les parements simples et fins



Hypothèses simplificatrices concernant le fût du massif.

- Le fût de la pile est assimilé à un tronc de pyramide.
- Il ne faut pas tenir compte de l'évidement en tête du fût.

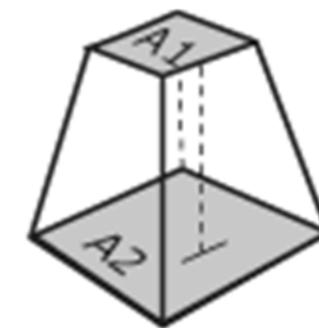


Réponse question 4.2 : Quantitatif à compléter

N° Prix	Poste / Rubrique	U	Quantité
	<b>massif de la pile P1</b>		
E1 1801.01	Coffrages pour parements simples	m <sup>2</sup>	
E1 1802.01	Coffrages pour parements fins	m <sup>2</sup>	
E1 1803.01	Béton de propreté ép. min 0.10 m	m <sup>2</sup>	70
E1 1805.01	Béton C35/45 pour semelle	m <sup>3</sup>	
E1 1805.02	Béton C35/45 pour fût	m <sup>3</sup>	
E1 1806.02	Acier HA	kg	15870

À compléter

Volume d'un tronc de pyramide :



$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

« h » est la distance entre les faces parallèles « A1 » et « A2 ».

