

COMPTE RENDU D'INTERVENTION

Du 27 au 30 Janvier 2025

ESID IDF



Diagnostic de structure

Hôpital BEGIN à Saint Mandé (94160)

N° dossier : D2401.194				Réf commande :		
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu
1	13/02/2025	L.BOUR		V.HOUDET		44 pages 2 annexes

SOMMAIRE

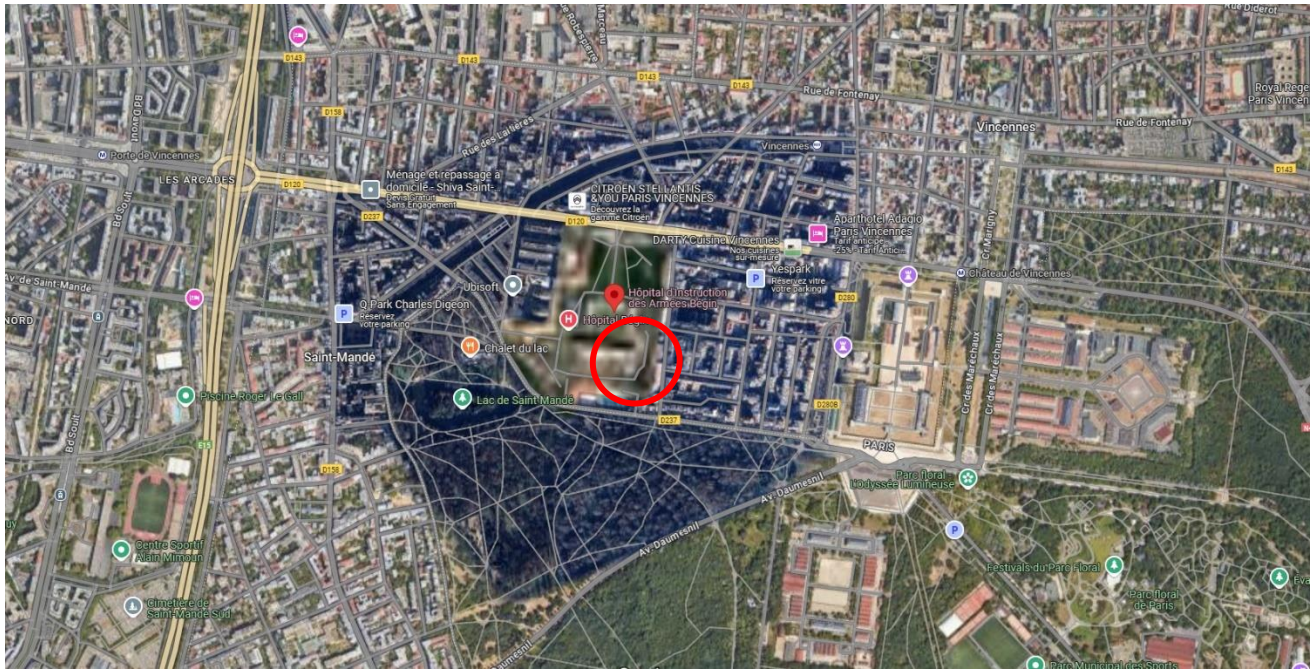
I. BUT DE L'INTERVENTION	3
II. METHODOLOGIE DE L'INTERVENTION	4
III. RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	5
A. Reconnaissances des structures.....	5
B. Qualité du béton	23
IV. ETUDE STRUCTURELLE	24
A. Hypothèses générales.....	24
1. Matériaux	24
2. Normes	24
B. Sondages	25
1. Sondage S5	26
2. Sondages S1 / S3.....	26
C. Capacité portante dalle BA (Sondage 5)	28
1. Etude avec terre végétale	28
2. Etude sans terre végétale	30
D. Renfort pour extraction de la cuve	32
1. Solution 1 : Ouverture de la dalle	32
2. Solution 2 : Démolition mur séparatif.....	36
V. SYNTHÈSE	42
VI. RECAPITULATIF DES ANNEXES.....	44

I. BUT DE L'INTERVENTION

Dans le cadre de la restructuration lourde de la chaufferie située à l'Hôpital BEGIN à ST MANDE (94), un diagnostic de structure est nécessaire.

Le projet prévoit :

- *La déconstruction d'une cheminée industrielle*
- *L'ouverture d'un voile BA en R-1 de la chaufferie. Cette ouverture doit permettre l'extraction d'une cuve ancienne de 80m³.*



Hôpital Begin, objet de l'intervention, à Saint Mandé

Pour ce faire, une vérification des structures porteuses est nécessaire. L'étude portera donc sur :

- *La portance des PH R-1 au droit de la cheminée à déconstruire et de la cuve existante*
- *La portance du mur séparatif entre la cuve et la cheminée en R-1*
- *Le fonctionnement du mur de soutènement au droit de la cuve*
- *La portance du PB R-1 au droit de la cheminée à déconstruire et de la cuve existante*

II. METHODOLOGIE DE L'INTERVENTION

Afin de procéder au diagnostic, nous avons réalisé l'intervention suivante :

○ INTERVENTION SUR SITE :

- *Rédaction d'un PdP sur site préalablement avant l'intervention,*
- *Cartographie des désordres,*
- *Relevés dimensionnels des structures sondées,*
- *4 reconnaissances de ferrailage de murs. Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un pachomètre électronique à acquisition de type FERROSCAN et d'un marteau piqueur. Le but étant de préciser la section, l'espacement, l'enrobage des armatures,*
- *2 reconnaissances de ferrailage de dalles en PH SOUS SOL. Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un pachomètre électronique à acquisition de type FERROSCAN et d'un marteau piqueur. Le but étant de préciser la section, l'espacement, l'enrobage des armatures en travée, la portée et le sens de portée,*
- *2 carottages de planchers afin d'en définir l'épaisseur et la constitution (forme de pente, ep prédalle + dc, dalle pleine, étanchéité). Les prélèvements de béton ont été conservés pour essais de compression simple sur carottes béton,*
- *2 carottages de dallage afin d'en définir l'épaisseur et la constitution. Les prélèvements de béton ont été conservés pour essais de compression simple sur carottes béton,*
- *Photographies,*
- *Rebouchage des sondages.*

○ ESSAIS ET ANALYSES EN LABORATOIRE :

- *1 essai de compression sur béton,*
- *Rédaction d'un compte rendu d'intervention avec coupes des structures,*
- *Calcul de portance du PH SOUS SOL + préconisations de renfort si nécessaires.*

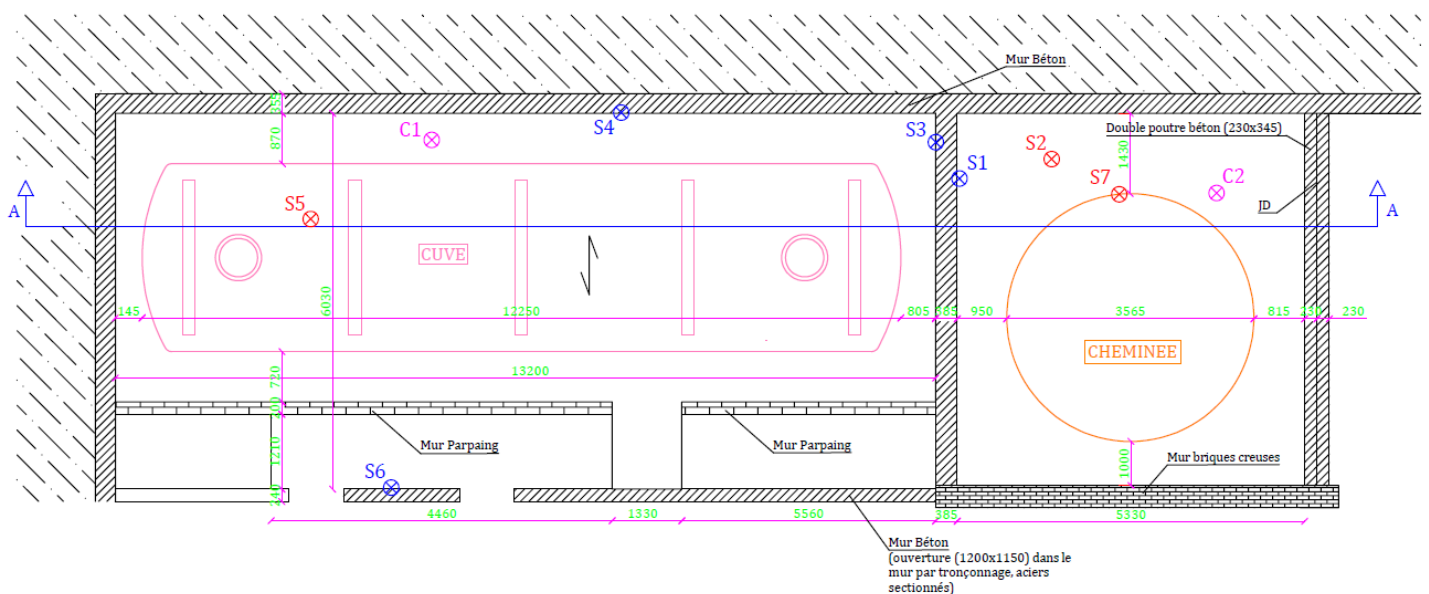
III. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

A. Reconnaissances des structures

Des investigations ont été réalisées au niveau de la chaufferie de l'hôpital Begin à Saint Mandé, pour en identifier le principe structurel et permettre la réalisation d'une ouverture pour l'extraction de la cuve située à l'intérieur.

La chaufferie est enterrée et est constituée de murs en béton armé et dalle BA, coulés en place.

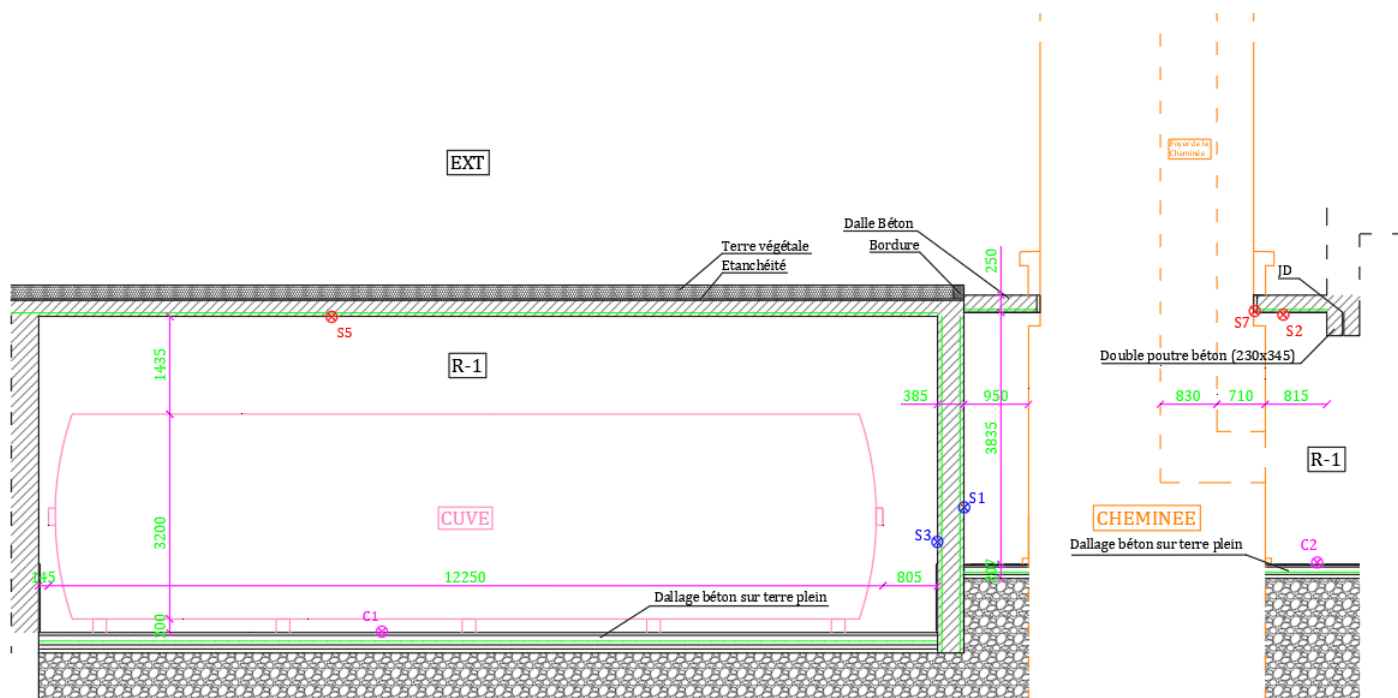
Plusieurs sondages ont été réalisés conformément au plan d'implantation visible ci-dessous afin de définir les caractéristiques des structures en place.



Légende:

- ⊗ Carottage en PB R-1
- ⊗ Sondage en PH R-1
- ⊗ Sondage de mur au R-1

Vue en plan - Plan d'implantation des sondages en PH R-1



Coupe AA



Vue de la cuve au R-1



Vue de la cheminée au R-1



Vue au-dessus de la chaufferie



Vue dans la chaufferie au R-1



Vue au-dessus de la chaufferie

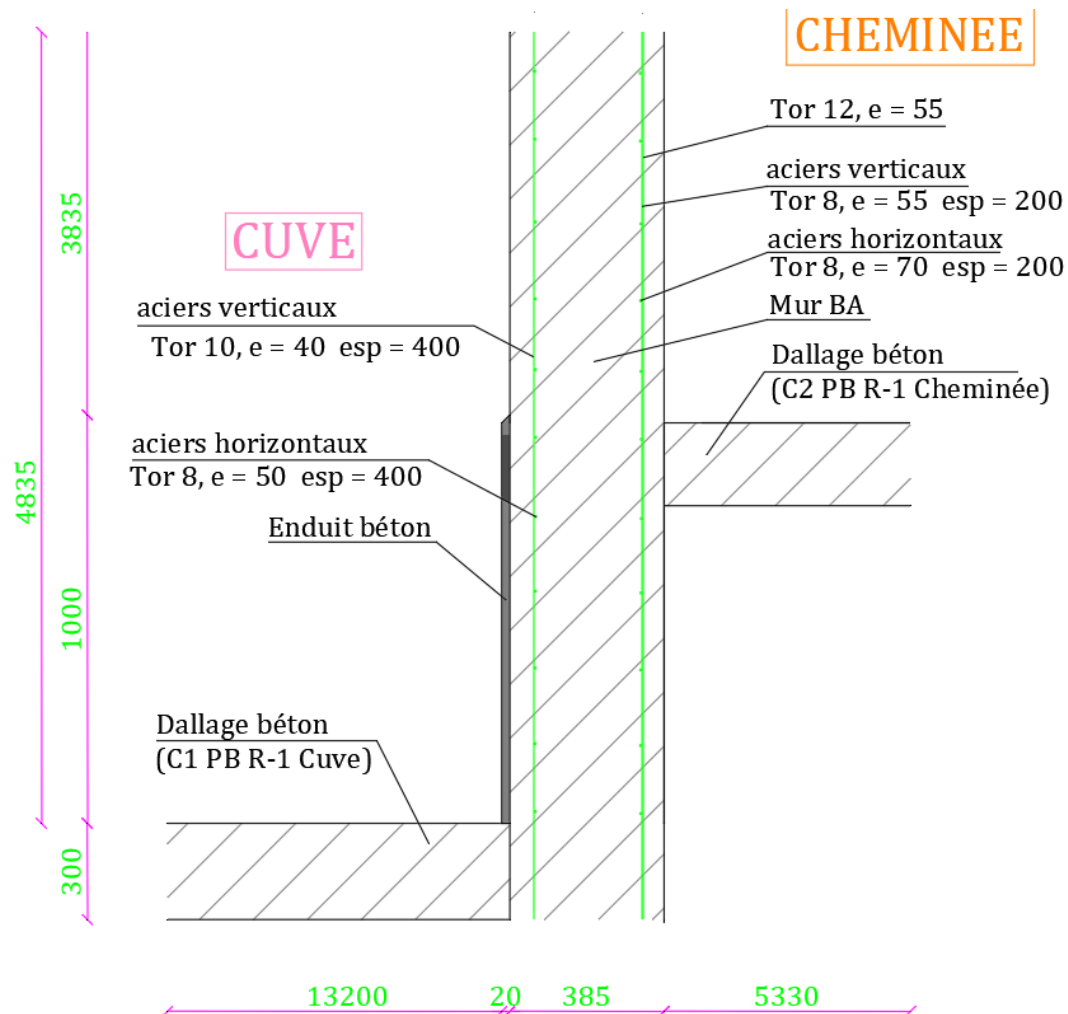


Ouvertures dans le voile BA



Vue de la cuve depuis la trappe au-dessus

Sondages S1 + S3 : voile BA



Coupe schématique du voile au droit des sondages S1 + S3



Photographies du sondage S1



Photographies du sondage S3

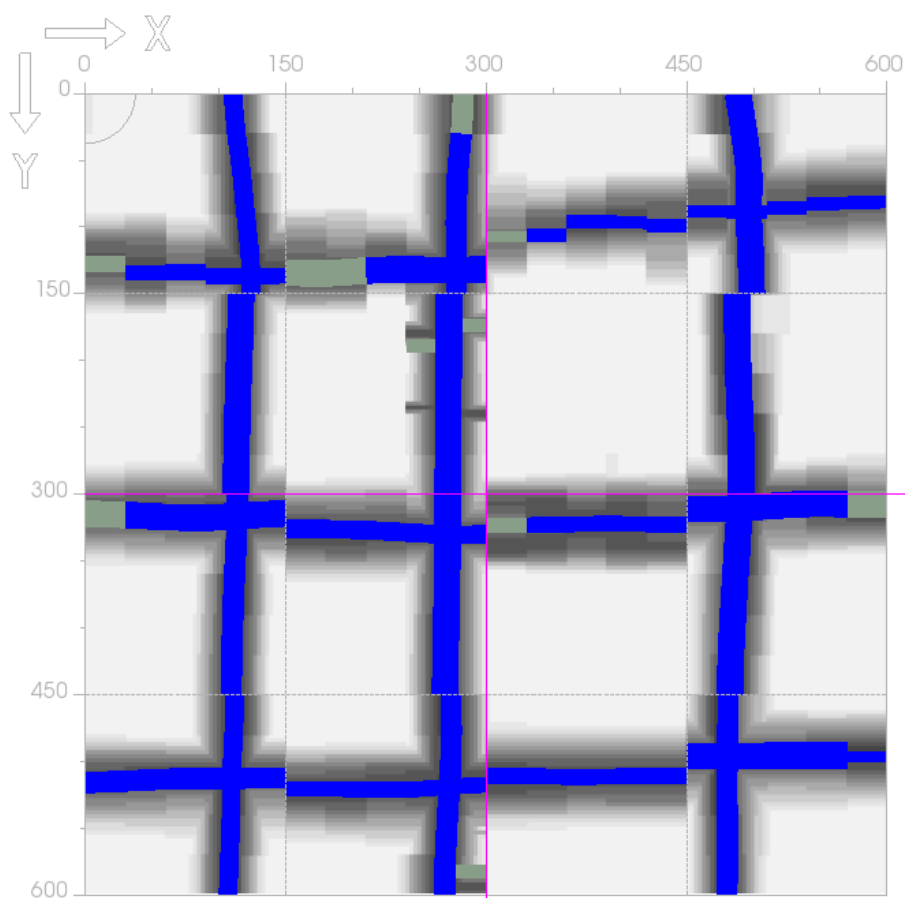


Image ferroskan du maillage des armatures du voile côté S1

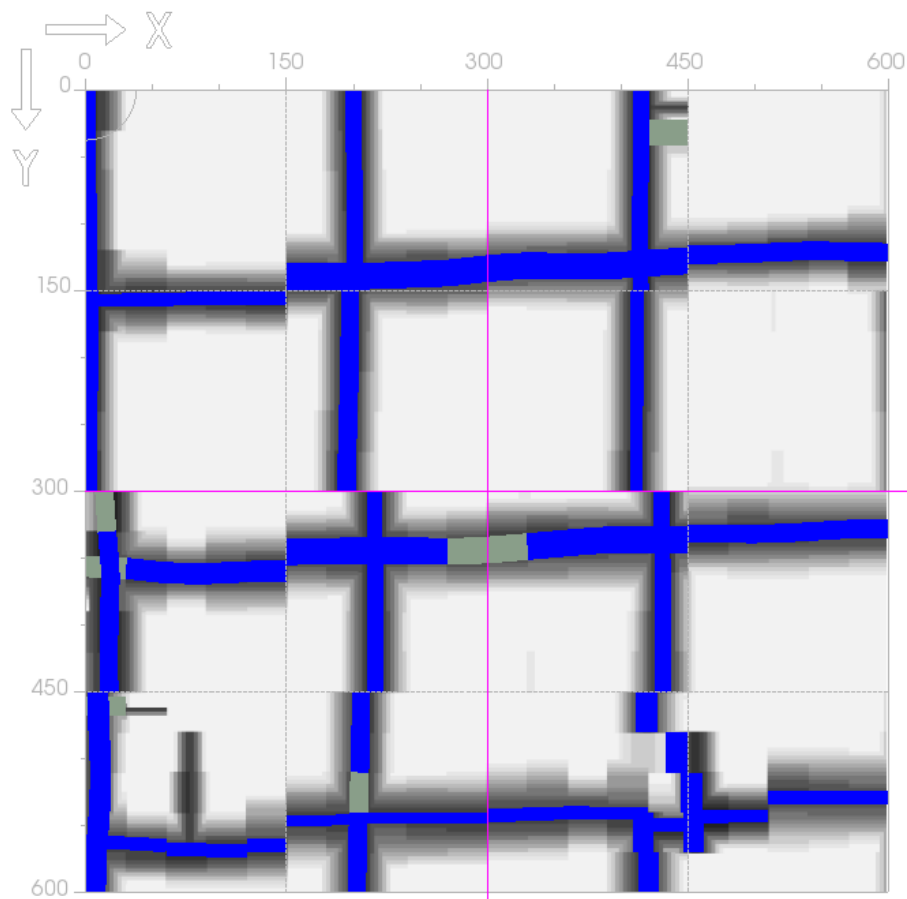
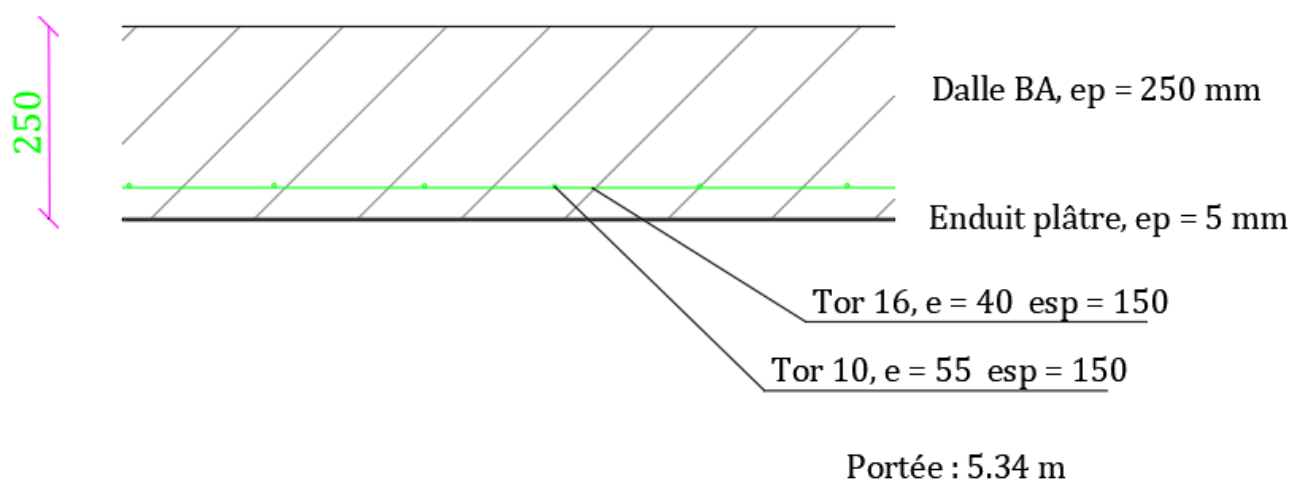


Image ferroskan du maillage des armatures du voile côté S3

Sondage S2 : dalle BA en plancher haut R-1



Coupe schématique de la dalle au droit du sondage S2



Photographies du sondage S2

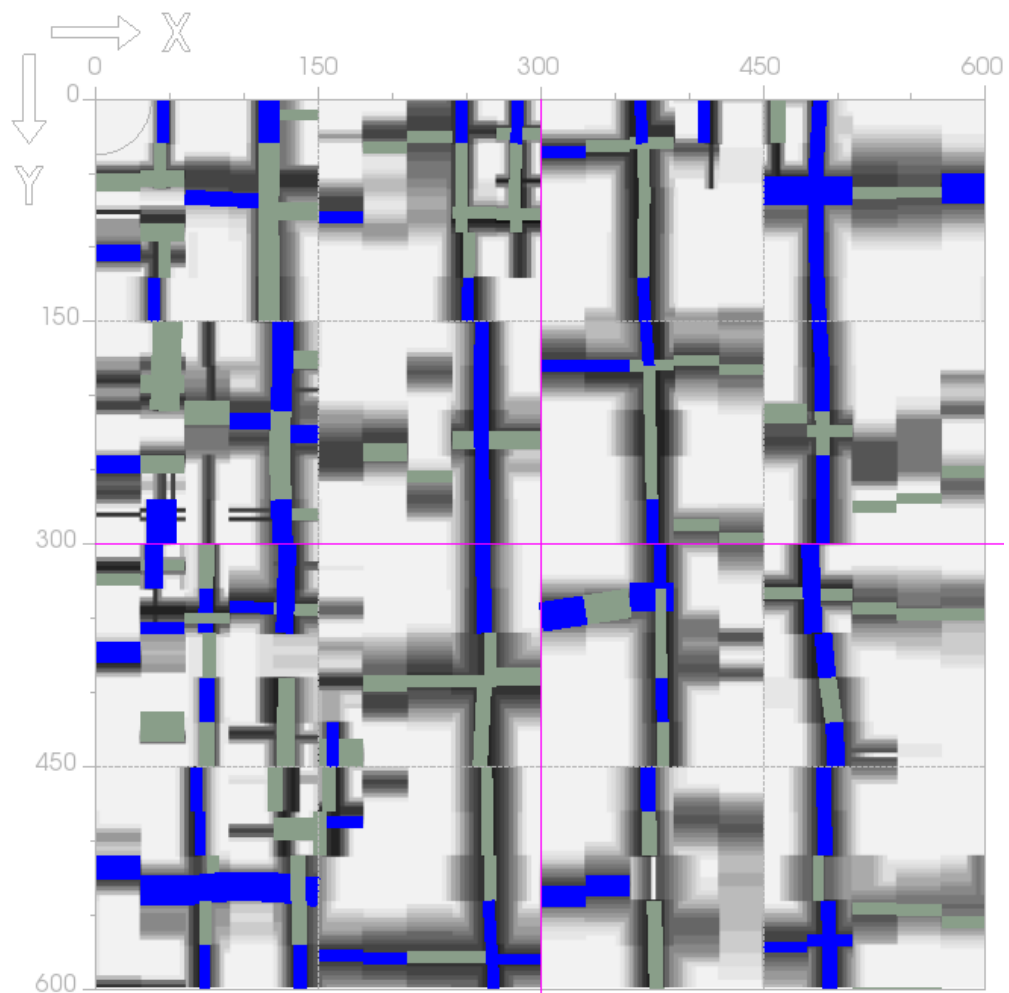
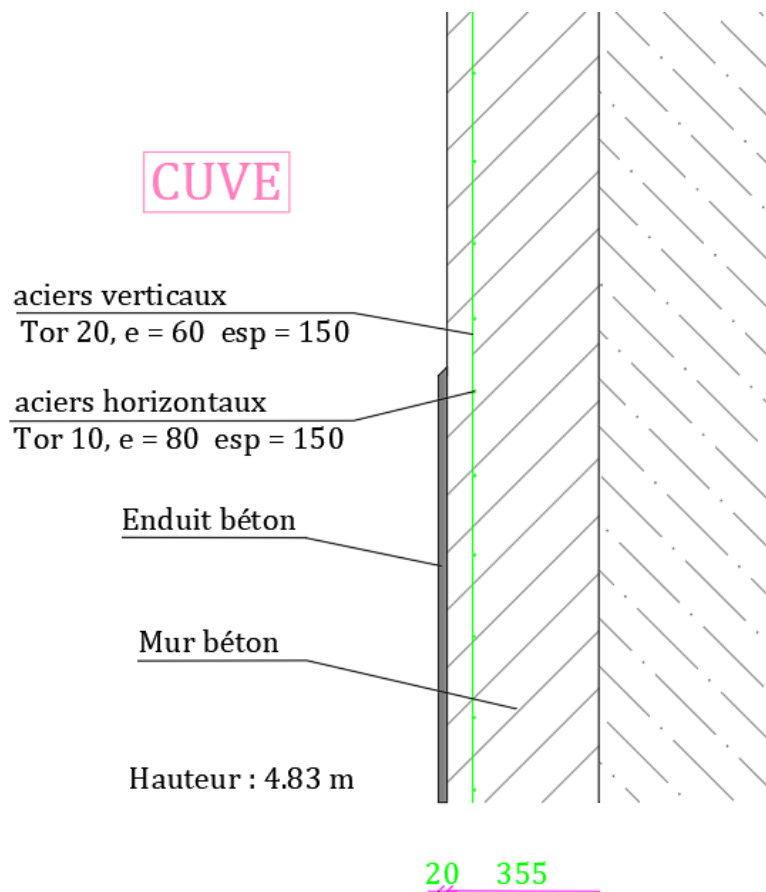


Image ferroskan du maillage des armatures en sous face de la dalle S2

Sondage S4 : voile BA en soutènement



Coupe schématique du voile au droit du sondage S4



Photographies du sondage S4

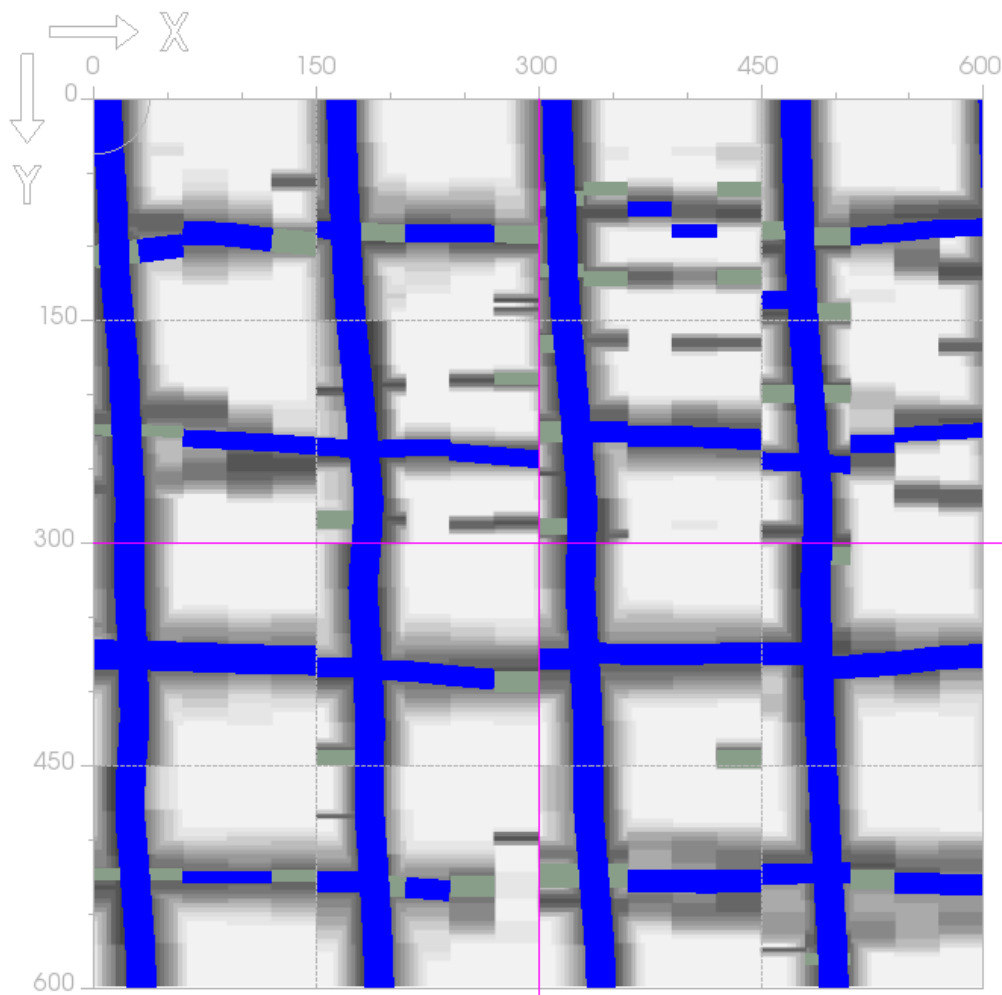
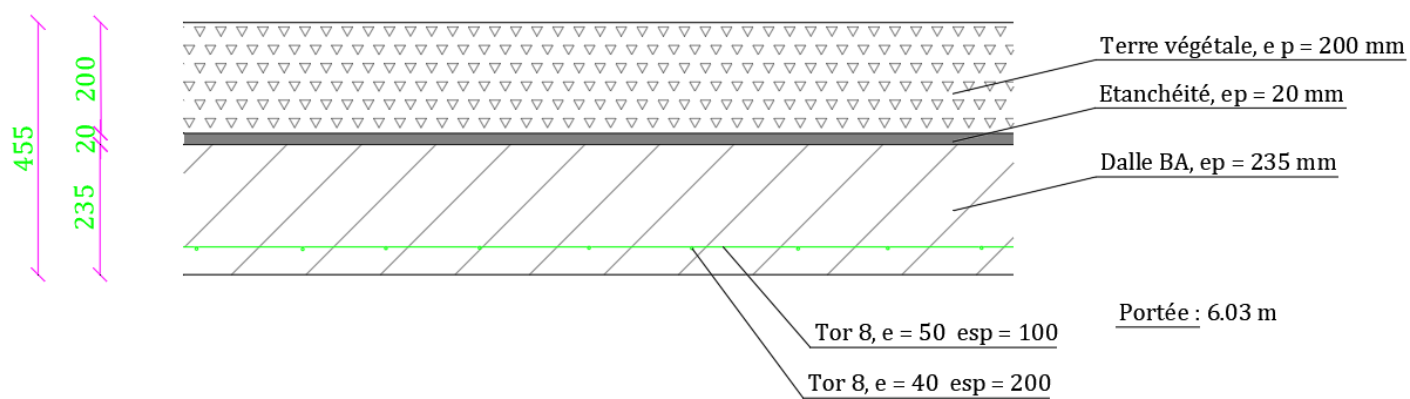


Image ferroskan du maillage des armatures du voile S4

Sondage S5 : dalle BA en plancher haut R-1



Coupe schématique de la dalle au droit du sondage S5



Photographies du sondage S5

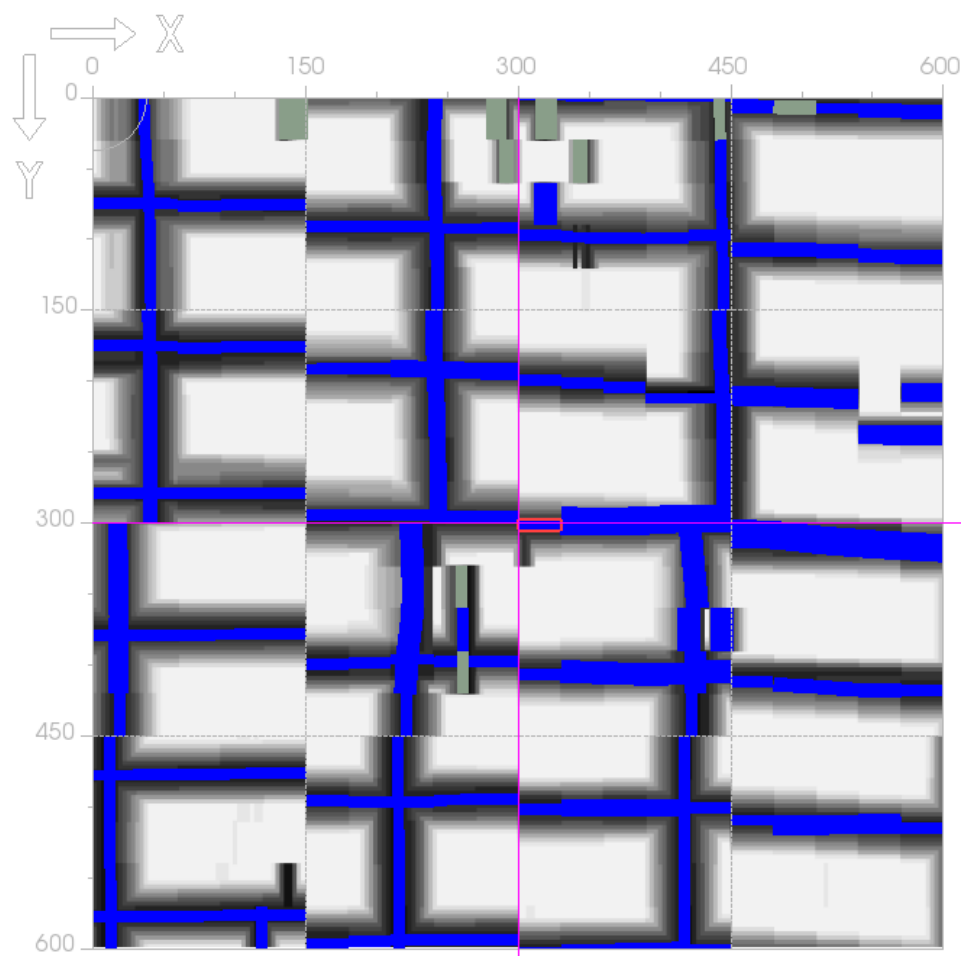
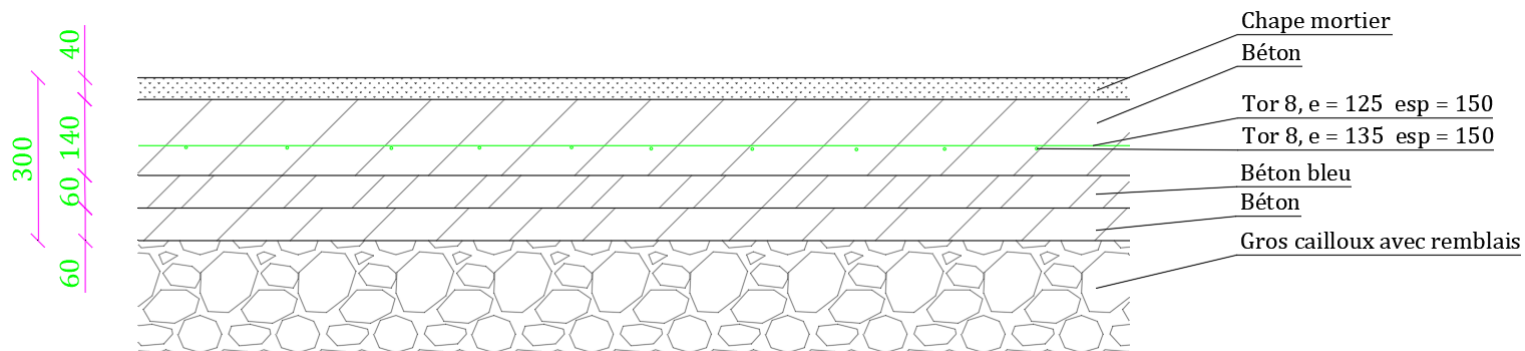


Image ferroskan du maillage des armatures en sous face de la dalle S5

Sondage C1 : dallage béton en plancher bas R-1 (cuve)



Coupe schématique du dallage au droit du carottage C1



Photographie du carottage C1

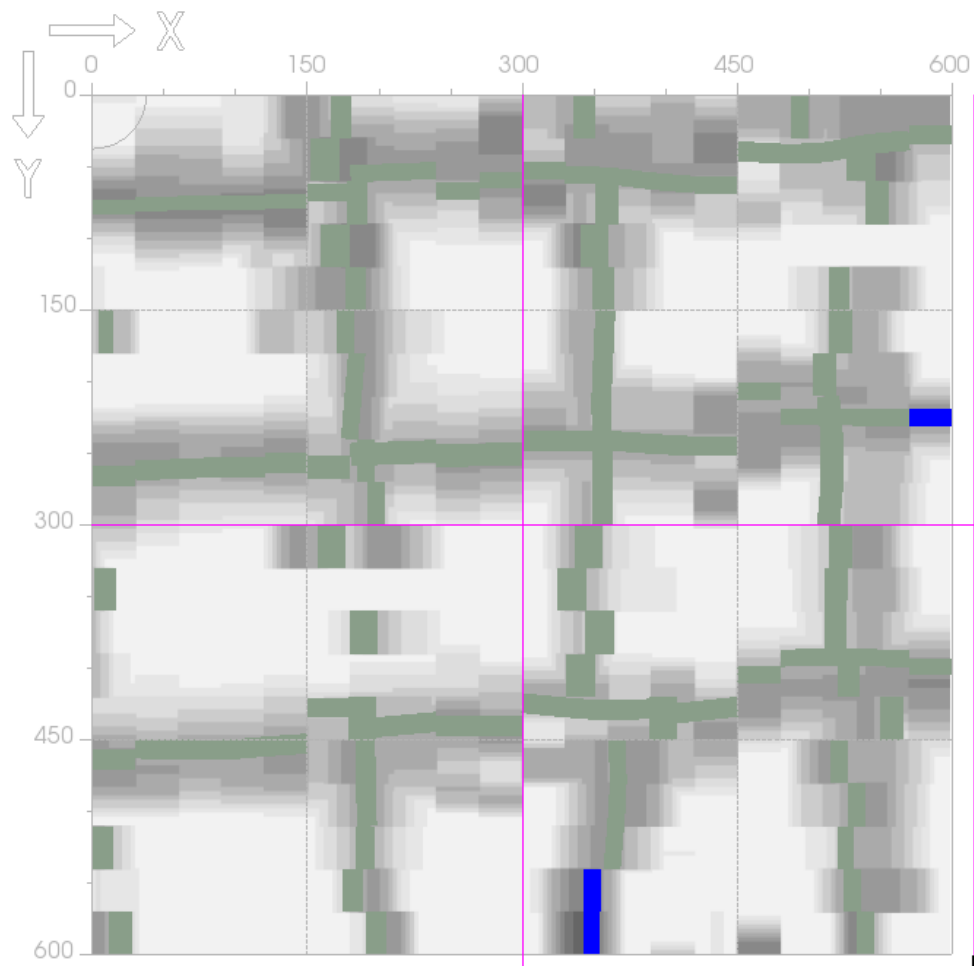
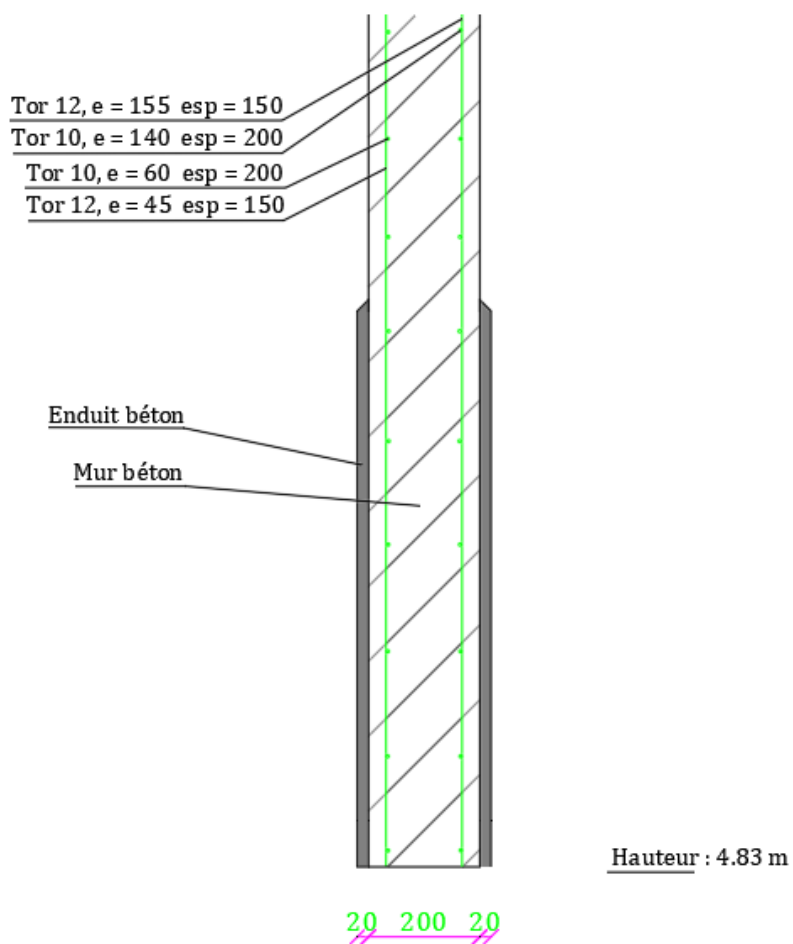


Image ferroskan du maillage des armatures depuis la surface du dallage C1

Sondage S6 : voile BA



Coupe schématique du voile au droit du sondage S6



Photographies du sondage S6

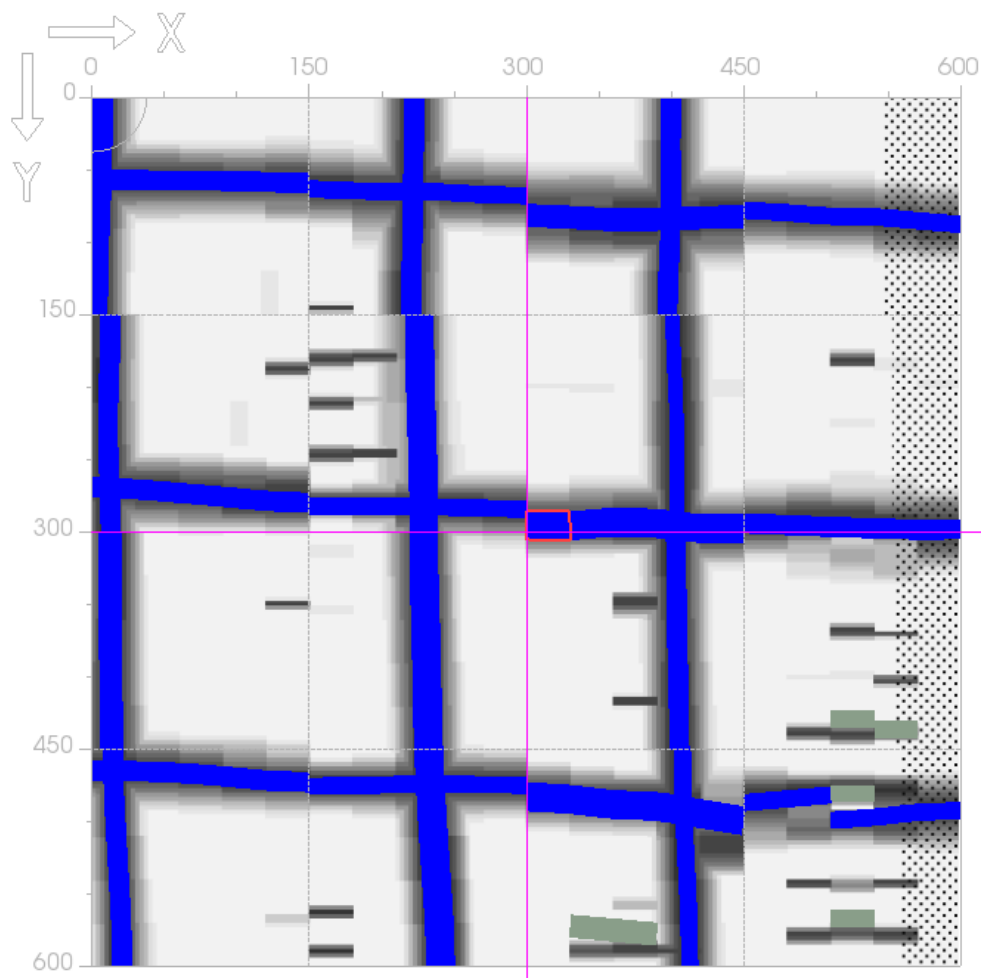
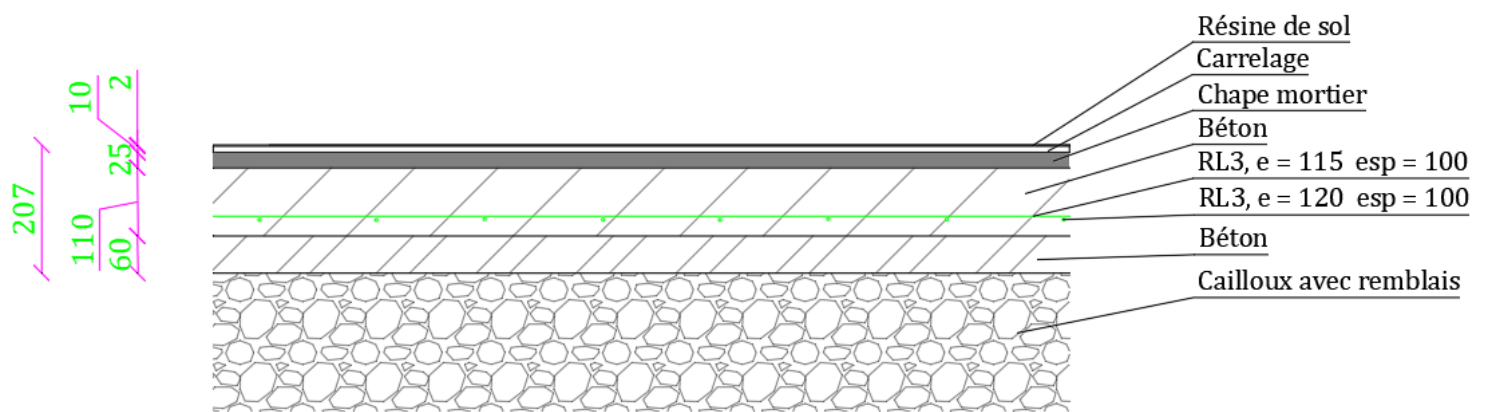


Image ferroskan du maillage des armatures du voile S6

Sondage C2 : dallage béton en plancher bas R-1 (cheminée)



Coupe schématique du dallage au droit du carottage C2



Photographie du carottage C2

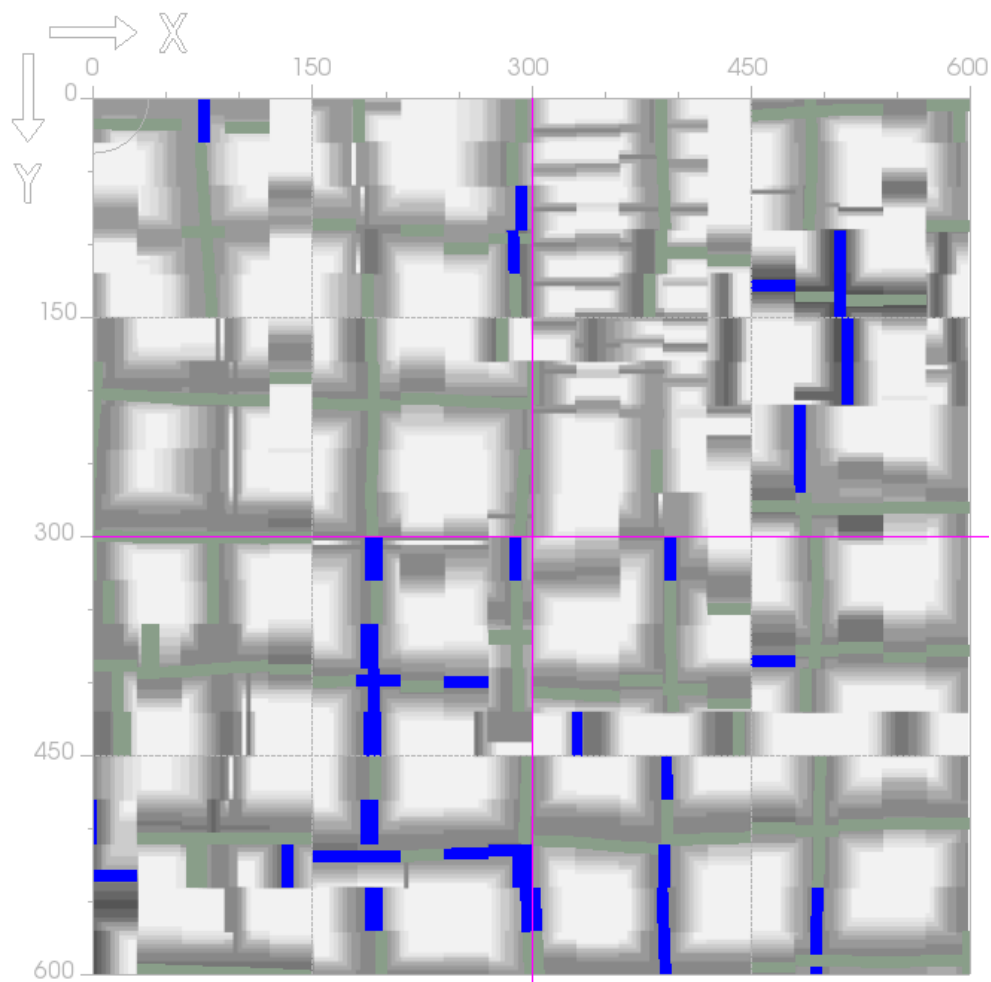
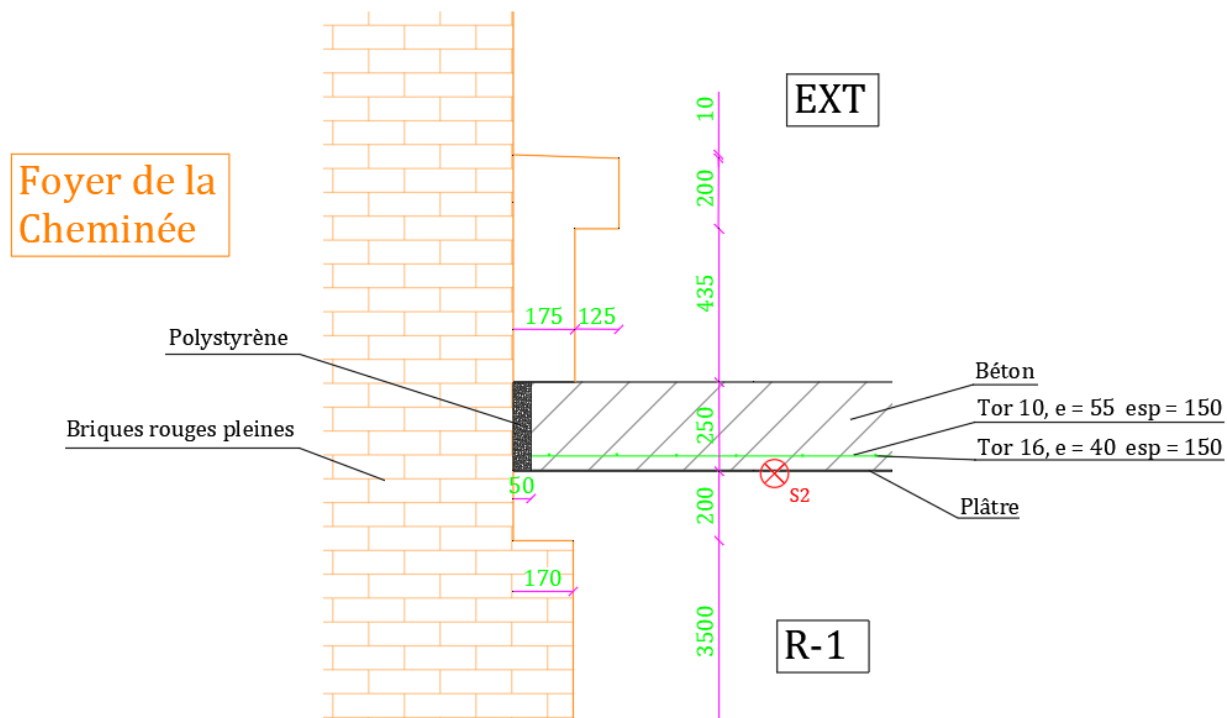


Image ferrosan du maillage des armatures depuis la surface du dallage C2

Sondage S7 : tête de mur



Coupe schématique du mur au droit du sondage S7



Photographie du sondage S7

B. Qualité du béton

Un essai de compression a été effectué sur les carottes afin d'avoir un avis sur la qualité du béton. Les prélèvements ont été rectifiés avant essai, la résistance indiquée est donc la résistance à cœur du béton. Les essais ont été réalisés conformément à la norme NF EN 12390-3, le 18/02/2025.

Les résultats sont les suivants :

Rectification pour la compression : Rectifieuse
Système de mesure : Presse controlab – 3000KN – classe 1

Prélèvement	Caractéristiques des éprouvettes				Densité	Charge à la rupture (KN)	Résistance à la compression (MPa)	Conformité de la rupture	
	Diamètre (mm)	Hauteur (mm)	H/D	Masse (g)				C	NC
C1	93	160	1,72	2693	2,48	307	44.2	X	

Classe de résistance estimée selon NF EN 206/CN = C40/50.

Nota (Rappel sur les recommandations de la norme NF EN 13791) :

Pour une zone d'essai donnée, l'évaluation de la résistance caractéristique à la compression des bétons doit reposer sur au moins 3 prélèvements. Ce nombre minimal de 3 éprouvettes se rapporte à des carottes ayant un diamètre d'au moins 100 mm. Lorsque le diamètre des carottes est inférieur à 100 mm, la norme NF EN 13791 recommande d'augmenter le nombre de carottes. La recommandation repose sur le nombre de prélèvements à retenir en fonction du diamètre : $N = (0,12 \times \varnothing) + 15$ avec $\varnothing$ en mm. Ex : pour un diamètre $\varnothing = 71$ mm, un nombre minimum de 7 prélèvements doit être réalisé afin d'évaluer la résistance caractéristique à la compression des bétons selon les recommandations de la norme NF EN 13791.

IV. ETUDE STRUCTURELLE

A. Hypothèses générales

1. Matériaux

Les matériaux pris en compte sont les suivants :

- Béton armé : Classe de résistance : C40/50
- Terre végétal (supposée humide) : 20 kN/m³
- Armature : Acier TOR Fe E 400 MPa (sous réserve de confirmation)

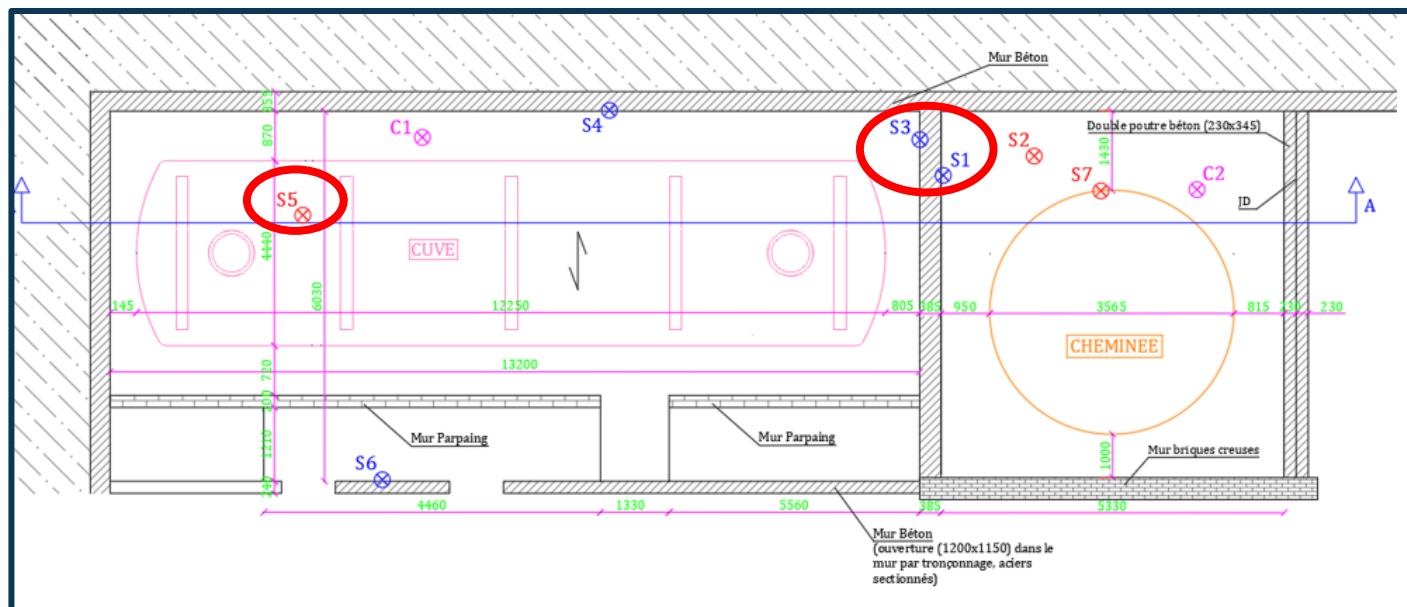
2. Normes

Les valeurs de conception seront déterminées conformément aux Eurocodes 0, 1, 2 et 3.

- ✓ *L'Eurocode 0 (EN 1990) définit les principes généraux et les exigences fondamentales en matière de sécurité, d'aptitude au service et de durabilité des structures. Il établit les bases de calcul nécessaires au dimensionnement des ouvrages en tenant compte des coefficients de sécurité et des combinaisons d'actions.*
- ✓ *L'Eurocode 1 (EN 1991) précise les actions appliquées aux structures de bâtiment et de génie civil. Il fournit les valeurs et les règles de calcul pour les charges permanentes, les charges d'exploitation, les actions climatiques (vent, neige), les actions accidentelles (incendie, séisme, impact) et les charges variables.*
- ✓ *L'Eurocode 2 (EN 1992) traite du dimensionnement et du calcul des structures en béton. Il définit les règles de conception des éléments en béton armé et précontraint, en tenant compte des contraintes mécaniques, des exigences de durabilité et des méthodes de justification des sections.*
- ✓ *L'Eurocode 3 (EN 1993) concerne les structures en acier. Il précise les principes de conception et de vérification des éléments métalliques, en intégrant les effets de l'instabilité, des efforts combinés et des propriétés des matériaux, tout en garantissant une résistance et une fiabilité optimales.*

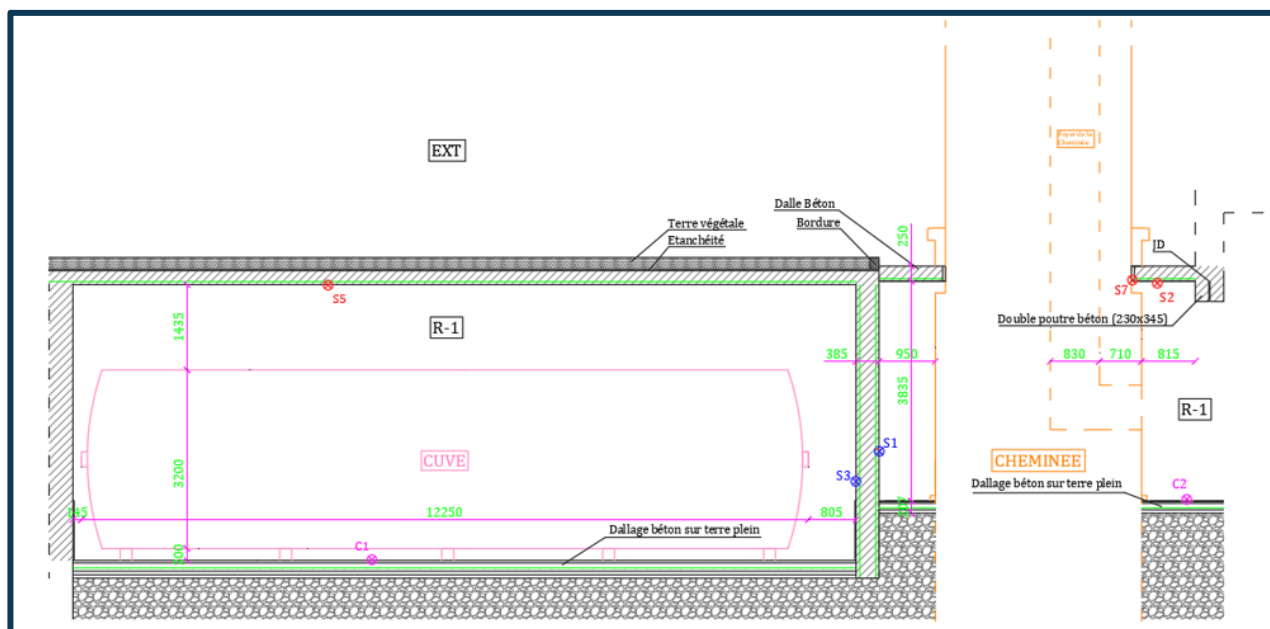
B. Sondages

Dans cette étude, l'analyse portera principalement sur les sondages S5, S1 et S3 (entourés ci-dessous). L'objectif est de proposer au client deux solutions techniques permettant d'assurer l'extraction de la cuve dans des conditions optimales de sécurité et de faisabilité.



Plan d'implantation de sondages

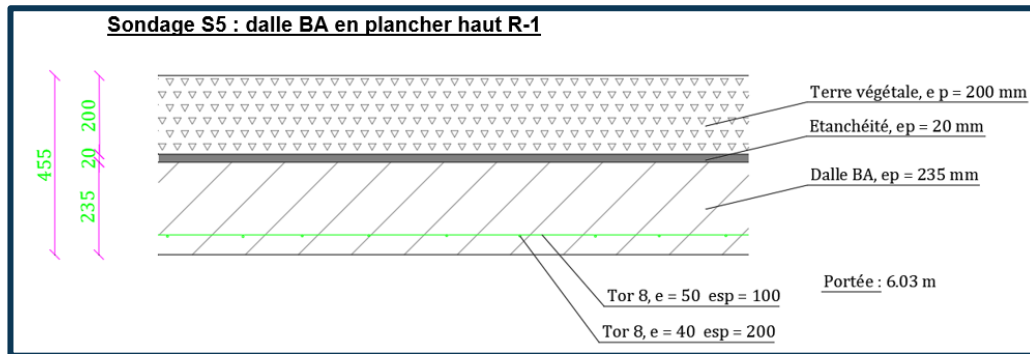
La coupe AA est la suivante :



Coupe AA - Hôpital BEGIN à ST MANDE

1. Sondage S5

La coupe schématique de la dalle en béton armée en plancher haut R-1 est la suivante :



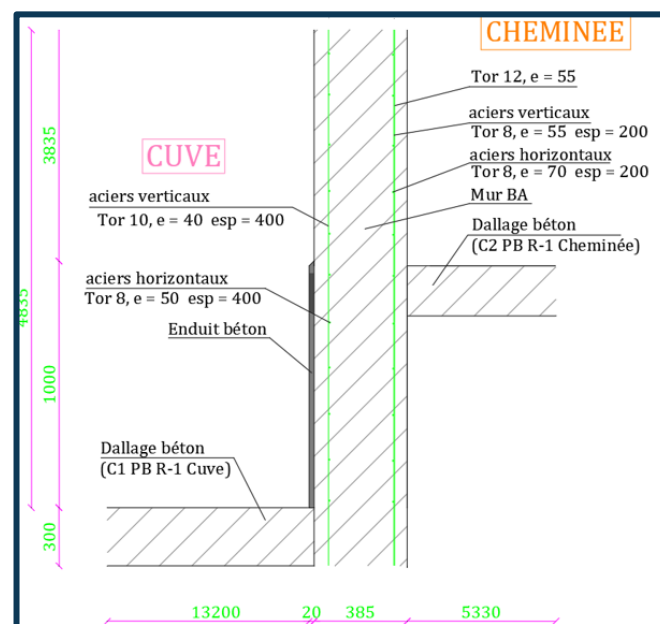
Coupe schématique de la dalle au droit du sondage S5

Les charges retenues pour l'étude de cette dalle sont les suivantes :

- *Charges permanentes :*
 - Dalle béton armée ép. 235 mm : 587,5 kg/m².
 - Etanchéité, ép. 20 mm : 22 kg/m²
 - Terre végétale, ép. 200 mm : 400 kg/m².
- *Charges d'exploitation à déterminer*

2. Sondages S1 / S3

La coupe schématique du voile au droit des sondages S1 + S3 est la suivante :



Coupe Sondage S1/S3

Les charges prises en compte pour l'étude de ce voile sont les suivantes :

- *Charges permanentes :*
 - *Dalle béton armée ép. 235 mm : 587,5 kg/m².*
 - *Etanchéité, ép. 20 mm : 22 kg/m²*
 - *Terre végétale, ép. 200 mm : 400 kg/m².*
- *Charges d'exploitation :*
 - *Zone accessible avec un accès limités 2 kN/m² :*

Pour donner suite aux sondages réalisés, nous allons déterminer la capacité portante de la dalle et proposer une première solution pour l'extraction de la cuve.

Ensuite, une seconde option sera étudiée, consistant à créer une ouverture dans le mur séparatif entre la cuve et la cheminée, avec la mise en place d'un renforcement métallique permettant de sécuriser l'extraction de la cuve de 80 m³.

C. Capacité portante dalle BA (Sondage 5)

Nous allons procéder à la descente de charges (en prenant en compte les charges déterminés précédemment) en déterminant les efforts et moments aux États Limites Ultimes (ELU) et États Limites de Service (ELS). Ensuite, nous vérifierons l'adéquation de la section d'acier existante en la comparant à la section calculée.

Cette dernière sera obtenue en faisant varier la charge Q, tout en respectant les contraintes de flèche admissible et le taux d'armature requis.

Les paramètres du sondage 5 sont les suivants :

Sondage 5					
h	0,235	m	fck	40	Mpa
L reprise	1	m	fcd	26,67	Mpa
d	0,195	m	FE	400	Mpa
L	6,03	m	f _{yd}	347,83	Mpa
b	1,000	m			

Paramètre du sondage 5

1. Etude avec terre végétale

Avec une charge d'exploitation nulle, les résultats sont les suivants :

La charge à l'ELU :

$$P_{ELU} = 1.35 * G + 1.5 * Q$$

$$P_{ELU} = 1.35 * 10.10 + 1.5 * 0 = 13.63 \text{ kN/m}$$

Le moment à l'ELU :

$$M_{ELU} = P * \frac{L^2}{8}$$

$$M_{ELU} = 13.63 * \frac{6.03^2}{8} = 61.94 \text{ kN.m}$$

L'effort tranchant à l'ELU :

$$V_{ELU} = P * \frac{L}{2}$$

$$V_{ELU} = 13.63 * \frac{6.03}{2} = 41.09 \text{ kN}$$

La charge à l'ELS :

$$P_{ELS} = G + Q$$

$$P_{ELS} = 10.10 + 0 = 10.10 \text{ kN/m}$$

Les résultats de la DDC sont présentés dans le tableau suivant :

DDC			
ELU		ELS	
G	10,10	G	10,10
Q	0,00	Q	0,00
P ELU	13,63	P ELS	10,10
M ELU	61,94	M ELS	45,88
V ELU	41,09	V ELS	30,44

Descente de charge sondage 5

La section d'armature en place est de :

Section des Armatures dans le sondages						
Lit 1	5,03	cm ²	8	Nombre	10	TR
lit 2						
lit 3						
A tot	5,03	cm ²				

Section d'armature sondage 5

- Vérification section d'armatures :

Vérification moment					
Med	49,55	kN.m			
mu	0,033				
alpha	0,041				
z	0,192	m			
As	7,429	cm ²	FAUX	Vérification de section	148%
Flèche (w)	1,377	cm			FAUX
Iyy	1,08E+09	mm ⁴			

- Vérification flèche : On se limite à L/350, les résultats sont les suivants :

Limitation de flèche			
W (L/250)	2,412	VRAI	57%
W (L/350)	1,723	VRAI	80%

Nous constatons que les vérifications des sections d'armatures ne sont pas satisfaites (taux de déficit 48%), même en considérant une charge d'exploitation nulle. Cette observation souligne une insuffisance vis-à-vis des armatures existantes pour assurer la résistance structurelle requise dans le cadre de la restructuration de la chaufferie.

2. Etude sans terre végétale

Avec une charge d'exploitation de 69 kg/m², les résultats sont les suivant :

La charge à l'ELU :

$$P_{ELU} = 1.35 * G + 1.5 Q$$

$$P_{ELU} = 1.35 * 6.10 + 1.5 * 0.69 = 9.26 \text{ kN/m}$$

Le moment à l'ELU :

$$M_{ELU} = P * \frac{L^2}{8}$$

$$M_{ELU} = 9.26 * \frac{6.03^2}{8} = 42.10 \text{ kN.m}$$

L'effort tranchant à l'ELU :

$$V_{ELU} = P * \frac{L}{2}$$

$$V_{ELU} = 9.26 * \frac{6.03}{2} = 27.93 \text{ kN}$$

La charge à l'ELS :

$$P_{ELS} = G + Q$$

$$P_{ELS} = 6.10 + 0.69 = 6.79 \text{ kN/m}$$

Les résultats de la DDC sont présentés dans le tableau suivant :

DDC			
ELU		ELS	
G	6,10	G	6,10
Q	0,69	Q	0,69
PELU	9,26	PELS	6,79
MELU	42,10	MELS	30,84
VELU	27,93	VELS	20,46

Descente de charge sondage 5

La section d'armature en place est de :

Section des Armatures dans le sondages						
Lit 1	5,03	cm ²	8	Nombre	10	TR
lit 2						
lit 3						
A tot	5,03	cm ²				

Section d'armature sondage 5

- Vérification section d'armatures :

Vérification moment					
Med	33,68	kN.m			
mu	0,022				
alpha	0,028				
z	0,193	m			
As	5,022	cm ²	VRAI	Vérification de section	
Flèche (w)	0,926	cm		100%	VRAI
Iyy	1,08E+09	mm ⁴			

- Vérification flèche : On se limite à L/350, les résultats sont les suivants :

Limitation de flèche			
W (L/250)	2,412	VRAI	42%
W (L/350)	1,723	VRAI	59%

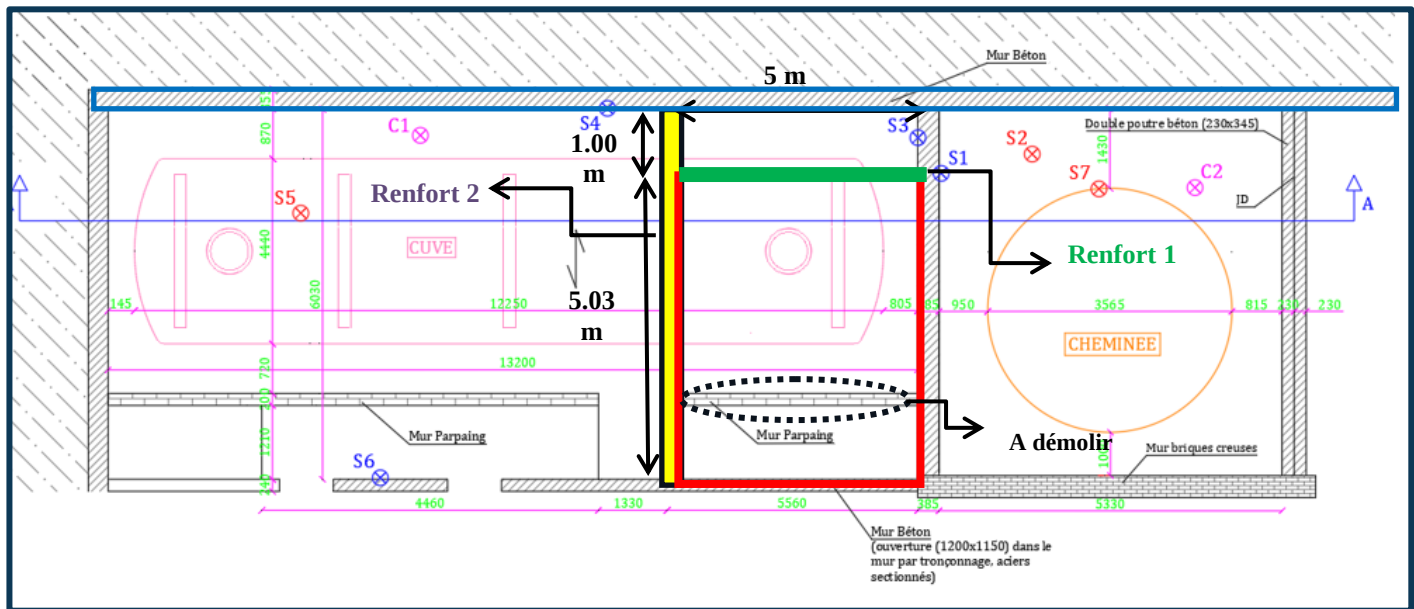
Nous constatons que les vérifications des sections d'armatures sont satisfaites (100%), en considérant une charge d'exploitation 69 kg/m² et sans terre végétale.

D. Renfort pour extraction de la cuve

1. Solution 1 : Ouverture de la dalle

Pour permettre l'extraction de la cuve, une découpe partielle de la dalle (voir encadré rouge ci-dessous) est possible étant donné qu'elle porte dans l'autre sens.

Les dimensions de l'ouverture prévue sont représentées dans le plan suivant :



Plan ouverture partielle de la dalle

La mise en place d'un système de cheville est nécessaire afin d'assurer un appui en tête pour le mur en béton en bleu. En effet, la dépose complète de la dalle entraînerait la perte de cet appui, transformant le mur en un élément de soutènement, soumis à des efforts horizontaux non prévus initialement. Une analyse structurelle sera menée pour déterminer le type de poutre métallique à mettre en œuvre afin d'assurer la stabilité de l'ensemble.

NB : Le mur en parpaings, de nature non porteuse, sera démoli afin de libérer l'espace nécessaire à l'extraction de la cuve.

Dimensionnement renfort 1

Les charges qui seront supportées par le renfort 1 sont les suivantes :

- *Charges permanentes :*
 - Dalle béton armée ép. 235 mm : 587,5 kg/m².
 - Etanchéité, ép. 20 mm : 22 kg/m²
- *Charges d'exploitation :*
 - Zone accessible avec un accès limités 2 kN/m² :

Remarque : Nous n'avons pas pris en compte la terre végétale dans notre dimensionnement.

La largeur de reprise est la suivante :

$$L_{rep} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ m}$$

Les charges linéiques appliquées sur le profilé métallique sont calculées comme suit :

$$G = (5.875 + 0.22) * 0.5 = 3.05 \text{ kN/m}$$

$$Q = 2 * 0.5 = 1 \text{ kN/m}$$

On suppose que le chevêtre est un IPE 200, Les hypothèses considérées dans l'étude sont les suivantes :

Renforts-Poutres métalliques-							
IPE 200	L(m)	g (kN/m)	q (kN/m)	Med (kN.m)	Ved (kN)	L/500 (cm)	g0 (kN/m)
	5,000	3,05	1,000	18,500	14,800	1,000	0,224

Les caractéristiques de ce profilé sont les suivants :

Wpl	220,6	cm3	A	28,5	cm²
fy	235	Mpa	b	10	cm
gamma 0	1		tf	0,85	cm
Av	14,016	cm²	tw	0,56	cm
Iy	1,94E+07	mm4	r	1,2	cm

- Vérification :

Vérification		Rapport	
M,crd (kN.m)	51,84	36%	VRAI
Vcrd (kN)	190,17	8%	VRAI
Wpoutre (cm)	0,852	85%	VRAI

→ IPE 200, conforme.

Ce profilé est supporté par le renfort 2. Les charges qui lui sont transmises sont les suivantes :

- $G = 8,17 \text{ kN}$
- $Q = 2,50 \text{ kN}$

Dimensionnement renfort 2

Le modèle de calcul du renfort 2 est le suivant :

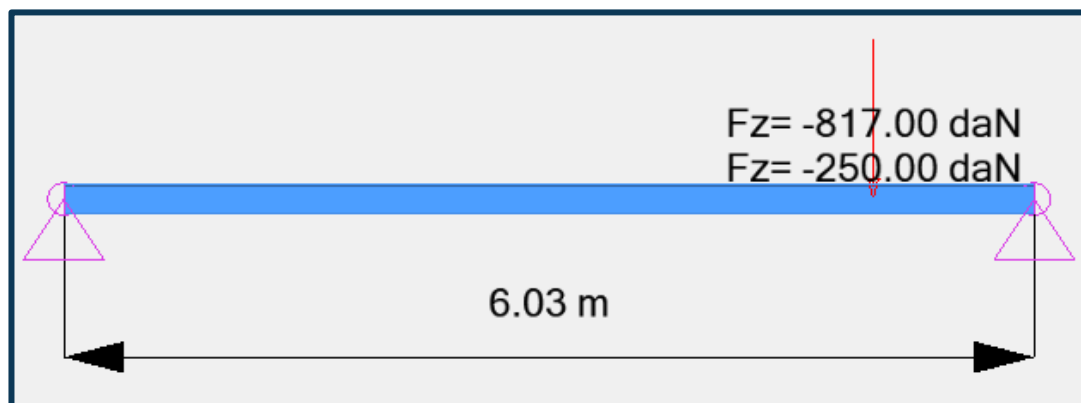


Schéma mécanique

On suppose que la poutre métallique est un IPE 200. Les vérifications sont les suivantes :

1) Section	
Profilé	IPE200
Dimensions(cm)	$h = 20.00$ $b = 10.00$ $t_w = 0.56$ $t_f = 0.85$ $r = 1.20$ $r_1 = 0.00$
Sections(cm ²)	Aire = 28.48 $A_{vy} = 17.9856$ $A_{vz} = 14$
Inerties(cm ⁴)	$I_t = 6.98$ $I_y = 1943$ $I_z = 142.4$ $I_{yz} = 0$
Inerties(cm ⁶)	$I_w = 13055.3$
Modules d'inertie(cm ³)	$W_{elyinf} = 194.3$ $W_{elysup} = 194.3$ $W_{elzinf} = 28.47$ $W_{elzsup} = 28.47$ $W_{ply} = 220.6$ $W_{plz} = 44.61$
2) Flèches	
1er critère	z: n°104 : 1x[1 G]+1x[2 Q] z: $L / 884.35 < L / 500.00$ (0.682 cm < 1.206 cm) (57 %)
3) Résistance des sections	
Tranchant suivant Z (6.2.6)	n°102 Classe 1 $F_z < V_{plz} 1322.09 < 18994.82$ daN (7%)
Flexion sur Y-Y (6.2.5)	n°102 Classe 1 $M_{yEd} < M_{yRd} 1306.36 < 5184.10$ daN*m (25%)
4) Stabilité des éléments	
Flambement Elanc. et Long.	$\lambda_{Fy} = 0.777$ $\lambda_{Fz} = 2.871$ $L_{fy} = 6.03$ m $L_{fz} = 6.03$ m
L.Déversement	$\lambda_{LT} = 0.020$ $L_{di} = 6.03$ m $L_{ds} = 0.05$ m
Cas défavorable	Cas n°102 : 1.35x[1 G]+1.5x[2 Q] Section : Classe 1
Coefficients d'amplification	$k_z = 1.00$ $k_w = 1.00$ $C_1 = 1.13$ $C_2 = 0.45$ $X_y = 0.81$ $X_z = 0.11$ $X_{LT} = 1.00$

	$k_{yy}=1.00$ $k_{yz}=1.00$ $k_{zy}=1.00$ $k_{zz}=1.00$ $z_g=0.00$ m $M_{cr}=12776718.44$ daN*m $M_{bRd}=5184.10$ daN*m $N_{crT}=147891548.65$ daN
Vérification (6.61)	$N_{ed} / (X_y N_{rk} / g_{M1}) + k_{yy} (M_{y,Ed} + D M_{y,Ed}) / (X_{LT} M_{y,Rk} / g_{M1}) + k_{yz} (M_{z,Ed} + D M_{z,Ed}) / (M_{z,Rk} / g_{M1}) < 1$ $0.000 + 0.252 + 0.000 = 0.252 < 1$ (25%)
Vérification (6.62)	$N_{ed} / (X_z N_{rk} / g_{M1}) + k_{zy} (M_{y,Ed} + D M_{y,Ed}) / (X_{LT} M_{y,Rk} / g_{M1}) + k_{zz} (M_{z,Ed} + D M_{z,Ed}) / (M_{z,Rk} / g_{M1}) < 1$ $0.000 + 0.252 + 0.000 = 0.252 < 1$ (25%)

→ IPE 200, conforme.

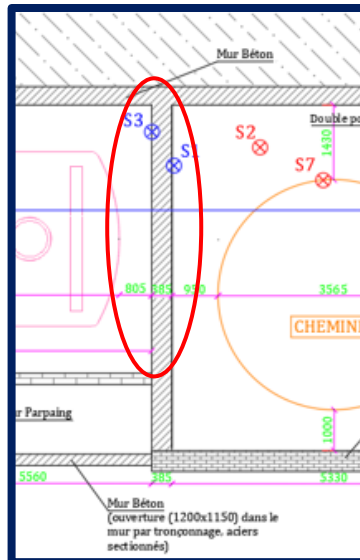
Les réactions d'appui du profilé sur le mur sont les suivantes :

Appui gauche :	Appui gauche :
$G = 2,02$ kN $Q = 0,42$ kN	$G = 7,48$ kN $Q = 2,09$ kN

Conclusion : La première solution consiste donc à réaliser une ouverture partielle de la dalle, conformément au plan *Plan ouverture partielle de la dalle*, en mettant en place un chevêtre en IPE 200.

2. Solution 2 : Démolition mur séparatif

Concernant le mur séparant la cuve de la cheminée (voir Figure ci-dessous), une démolition sera réalisée sur une hauteur de 3,835 m et une longueur de 4,62 m. Afin d'assurer la reprise des charges des murs susmentionnés, un profilé métallique sera mis en place au droit de ce mur.



Vue en plan

Afin d'éviter tout désordre lié à la démolition de ce mur, qui joue probablement un rôle de support pour le mur contre terre, un poteau sera mis en place à la jonction entre le mur séparatif et le mur contre terre. Ce poteau servira également d'appui pour notre profilé.

Les charges prises en compte pour l'étude de ce profilé sont les suivantes :

Pour le renfort métallique de l'ouverture :

- *Charges permanentes :*
 - *Dalle béton armée ép. 235 mm : 587,5 kg/m².*
 - *Etanchéité, ép. 20 mm : 22 kg/m²*
- *Charges d'exploitation :*
 - *Zone accessible avec un accès limité 2 kN/m² :*

Pour le poteau métallique entre le mur séparatif et le mur contre terre :

- Charges permanentes :
 - Poussé de terre :
 - Masse volumique (terre humide) 20 kN/m^3
 - $K_a = 0.33$ (en l'absence d'information sur les caractéristiques du sol, on suppose un angle de frottement de 30°)
 - La hauteur du mur est de 4.83 m
 - Réaction d'appui profilé métallique.
- Charges d'exploitation :
 - Réaction d'appui profilé métallique.

Remarque : Nous n'avons pas pris en compte la terre végétale sur la dalle dans notre dimensionnement.

Renfort métallique de l'ouverture

Par sécurité, nous considérerons que le profilé métallique supportera une partie du plancher même si celui-ci porte dans l'autre sens. La largeur de reprise est la suivante :

$$L_{rep} = 0,50 + \frac{0,950}{2} = 0,975 \text{ m} \approx 1,00 \text{ m}$$

En excluant la terre végétale, les charges appliquées sur le profilé métallique sont les suivantes :

$$G = (5.875 + 0.22) * 1.00 = 6,10 \text{ kN/m}$$

$$Q = 2 * 1.00 = 2.00 \text{ kN/m}$$

Un profilé HEA 200 d'une longueur de $4,62 \text{ m}$ sera mis en place. Les résultats sont les suivants :

1) Section	
Profilé	HEA200
Dimensions(cm)	$h = 19.00 \text{ } b = 20.00 \text{ } t_w = 0.65 \text{ } t_f = 1.00 \text{ } r = 1.80 \text{ } r_1 = 0.00$
Sections(cm ²)	Aire = 53.83 $A_{vy} = 41.59 \text{ } A_{vz} = 18.08$
Inerties(cm ⁴)	$I_t = 20.98 \text{ } I_y = 3692 \text{ } I_z = 1336 \text{ } I_{yz} = 0$
Inerties(cm ⁶)	$I_w = 108216$
Modules d'inertie(cm ³)	$W_{elyinf} = 388.6 \text{ } W_{elysup} = 388.6$ $W_{elzinf} = 133.6 \text{ } W_{elzsup} = 133.6$ $W_{ply} = 429.5 \text{ } W_{plz} = 203.8$
2) Flèches	
1er critère	z: n°104 : $1x[1 \text{ G}] + 1x[2 \text{ Q}]$ z: $L / 692.86 < L / 500.00 (0.667 \text{ cm} < 0.924 \text{ cm}) (72 \%)$
3) Résistance des sections	
Tranchant suivant Z	n°102 Classe 1

(6.2.6)	$F_z < V_{plz} 2724.51 < 24530.46 \text{ daN (11\%)}$
Flexion sur Y-Y (6.2.5)	n°102 Classe 1 $My_{Ed} < My_{cRd} 3146.81 < 10093.25 \text{ daN}\cdot\text{m (31\%)}$
4) Stabilité des éléments	
Flambement Elanc. et Long.	$\Lambda_{Fy} = 0.594 \quad \Lambda_{Fz} = 0.987$ $L_{fy} = 4.62 \text{ m} \quad L_{fz} = 4.62 \text{ m}$
L.Déversement	$\Lambda_{LT} = 0.009$ $L_{di} = 4.62 \text{ m} \quad L_{ds} = 0.05 \text{ m}$
Cas défavorable	Cas n°102 : $1.35 \times [1 \text{ G}] + 1.5 \times [2 \text{ Q}]$ Section : Classe 1
Coefficients d'amplification	$k_z = 1.00 \quad k_w = 1.00 \quad C_1 = 1.13 \quad C_2 = 0.45$ $X_y = 0.84 \quad X_z = 0.55 \quad X_{LT} = 1.00$ $k_{yy} = 1.00 \quad k_{yz} = 1.00 \quad k_{zy} = 1.00 \quad k_{zz} = 1.00$ $z_g = 0.00 \text{ m} \quad M_{cr} = 112654216.89 \text{ daN}\cdot\text{m} \quad M_{bRd} = 10093.25 \text{ daN}\cdot\text{m}$ $N_{crT} = 960686394.42 \text{ daN}$
Vérification (6.61)	$N_{ed} / (X_y N_{rk} / gM_1) + k_{yy} (M_{y,Ed} + DM_{y,Ed}) / (X_{LT} M_{y,Rk} / gM_1) + k_{yz} (M_{z,Ed} + DM_{z,Ed}) / (M_{z,Rk} / gM_1) < 1$ $0.000 + 0.312 + 0.000 = 0.312 < 1 \quad (31\%)$
Vérification (6.62)	$N_{ed} / (X_z N_{rk} / gM_1) + k_{zy} (M_{y,Ed} + DM_{y,Ed}) / (X_{LT} M_{y,Rk} / gM_1) + k_{zz} (M_{z,Ed} + DM_{z,Ed}) / (M_{z,Rk} / gM_1) < 1$ $0.000 + 0.312 + 0.000 = 0.312 < 1 \quad (31\%)$

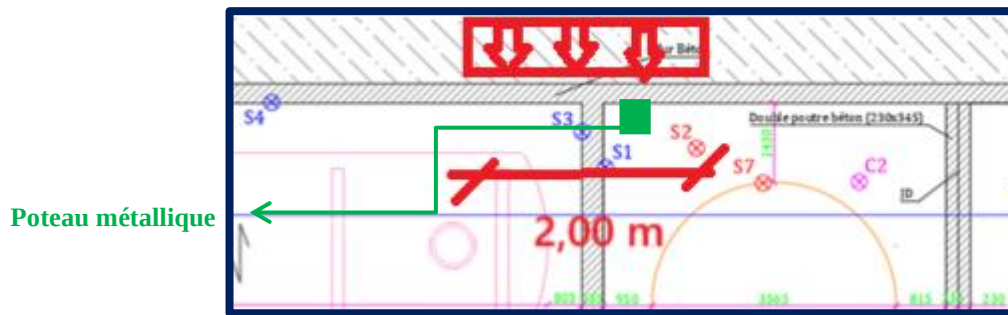
➔ *HEA 200, conforme.*

Les réactions d'appui de ce profilé sont les suivantes :

- $G = 14,79 \text{ kN}$
- $Q = 4,62 \text{ kN}$

Poteau métallique entre le mur séparatif et le mur contre terre

Nous considérerons que le poteau métallique est un HEB 200 et qu'il supporte 1,00 m de poussée de terre de part et d'autre du mur existant :



- La largeur de reprise est de $L_{rep} = 2 \text{ m}$.

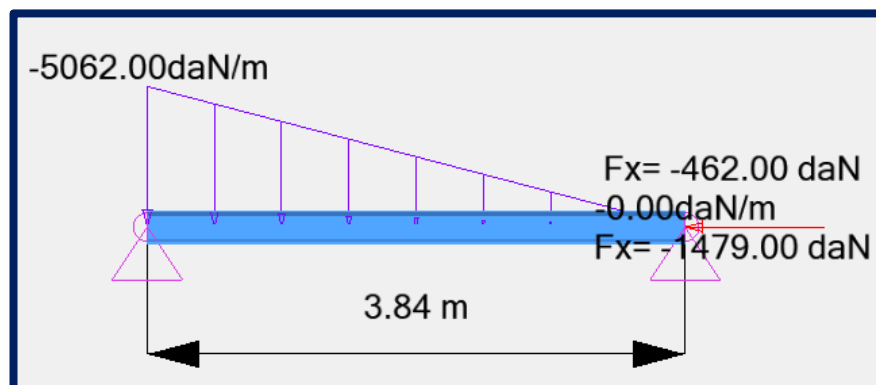
Les charges appliquées sur le profilé métallique sont les suivantes :

$$G = (K_a * \rho * h) * L_{rep}$$

$$G = (0.33 * 20 * 3.835) * 2$$

$$G = 50.62 \text{ kN/m}$$

Une charge triangulaire sera appliquée sur ce poteau d'une longueur de 3.835 m. Le poteau s'apparente donc à une poutre sur laquelle s'applique la poussée de terre et qui subit un effort normal correspondant à la réaction d'appui de la poutre HEA 200 préalablement dimensionnée :



Modèle de calcul du poteau

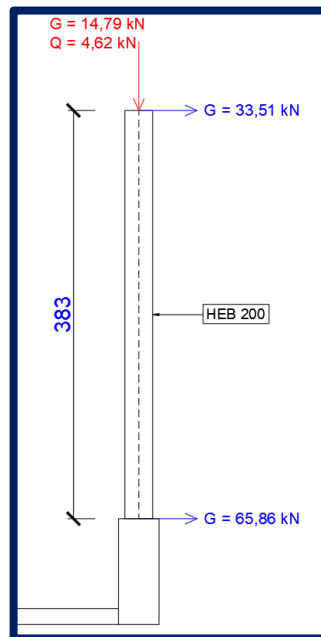
Les résultats sont les suivants :

Fiche de profilé - Filaire n°4 (Label Filaire)	
1) Section	
Profilé	HEB200
Dimensions(cm)	h = 20.00 b = 20.00 tw = 0.90 tf = 1.50 r = 1.80 r1 = 0.00
Sections(cm2)	Aire = 78.08 Avy = 62.43 Avz = 24.83
Inerties(cm4)	It = 59.28 Iy = 5696 Iz = 2003 Iyz = 0
Inerties(cm6)	Iw = 171382
Modules d'inertie(cm3)	Welyinf = 569.6 Welysup = 569.6 Welzinf = 200.3 Welzsup = 200.3 Wply = 642.5 Wplz = 305.8
2) Flèches	
1er critère	z: n°103 : 1x[1 G] z: L / 604.43 < L / 500.00(0.634 cm < 0.767 cm) (83 %)
3) Résistance des sections	
Tranchant suivant Z (6.2.6)	n°102 Classe 1 Fz < Vplz8891.34 < 33688.68 daN (26%)
Flexion sur Y-Y (6.2.5)	n°102 Classe 1 MyEd < MycRd6587.89 < 15098.75 daN*m (44%)
4) Stabilité des éléments	
Flambement Elanc. et Long.	LambdaFy = 0.478 LambdaFz = 0.806 Lfy = 3.84 m Lfz = 3.84 m
L.Déversement	LambdaLT = 0.009 Ldi = 3.84 m Lds = 0.05 m
Cas défavorable	Cas n°102 : 1.35x[1 G]+1.5x[2 Q] Section : Classe 1
Coefficients d'amplification	kz=1.00 kw=1.00 C1=1.13 C2=0.45 Xy=0.89 Xz=0.66 XLT=1.00 kyy=1.00 kyz=1.00 kzy=1.00 kzz=1.00 zg=0.00 m Mcr=173601438.70 daN*m MbRd=15098.75 daN*m NcrT=1441435644.74 daN
Vérification (6.61)	$\frac{N_{ed}}{(X_y N_{rk} / gM1) + k_{yy} (M_{y,Ed} + DM_{y,Ed}) / (X_{LT} M_{y,Rk} / gM1) + k_{yz} (M_{z,Ed} + DM_{z,Ed}) / (M_{z,Rk} / gM1)} < 1$ $0.000 + 0.436 + 0.000 = 0.436 < 1 \quad (44\%)$
Vérification (6.62)	$\frac{N_{ed}}{(X_z N_{rk} / gM1) + k_{zy} (M_{y,Ed} + DM_{y,Ed}) / (X_{LT} M_{y,Rk} / gM1) + k_{zz} (M_{z,Ed} + DM_{z,Ed}) / (M_{z,Rk} / gM1)} < 1$ $0.000 + 0.436 + 0.000 = 0.436 < 1 \quad (44\%)$

→ HEB 200, conforme.

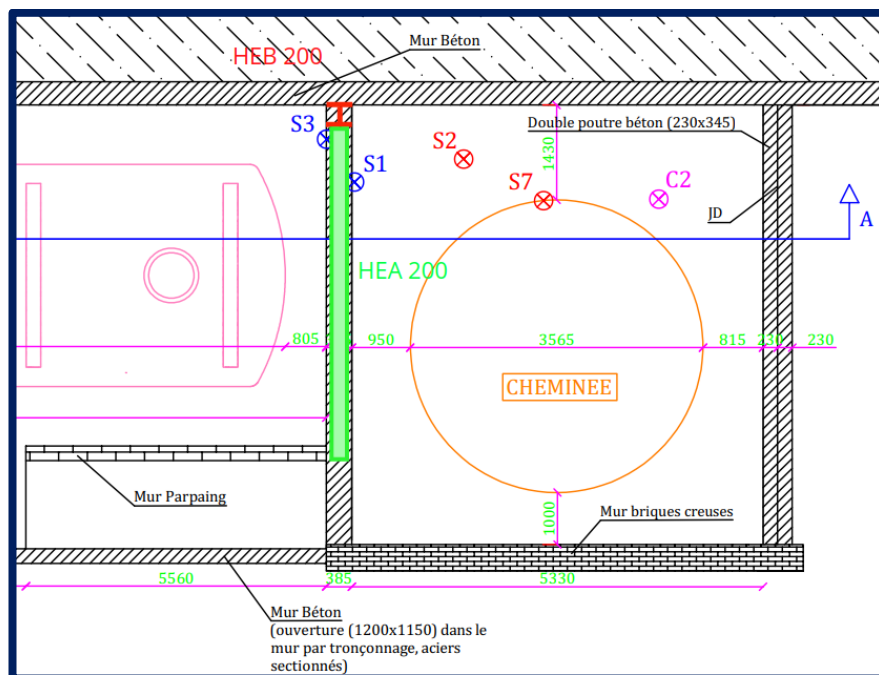
Le profilé HEB 200 devra être fixée en tête à la dalle et en pied sur le muret béton existant.

Les réactions d'appuis du profilé en tête et en pied sont les suivantes :



Réaction d'appui du profilé

La solution consiste donc à démolir partiellement le mur existant pour y mettre en place un profilé métallique de type HEA 200 qui s'appuiera d'un côté sur le mur et de l'autre coté sur un poteau métallique HEB 200 (voir Figure ci-dessous).

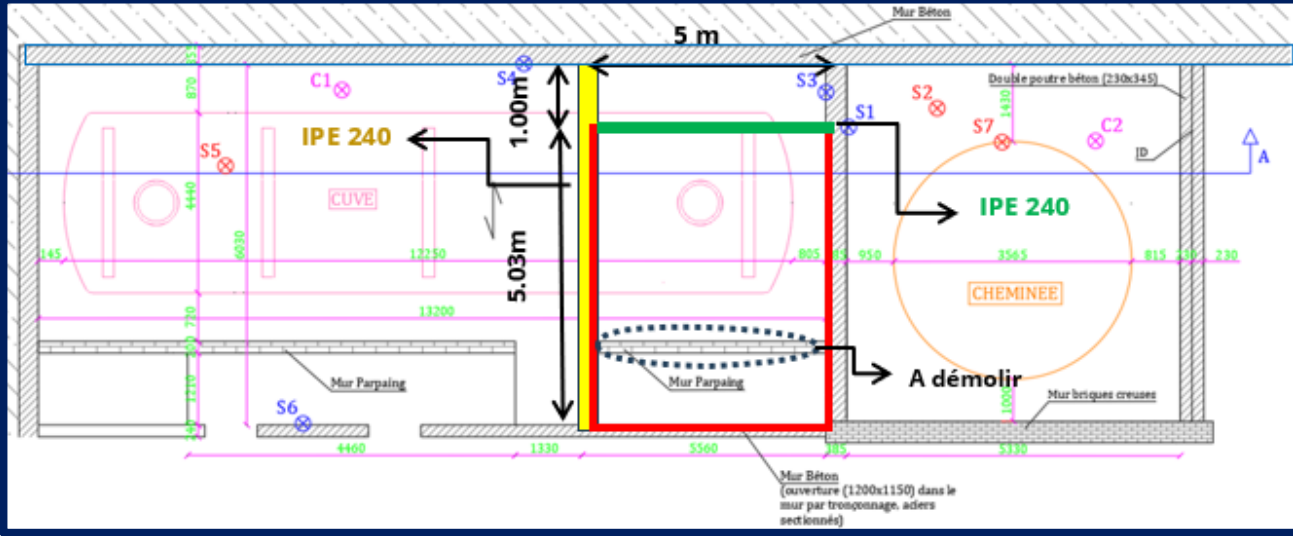


Principe de la solution N°2

Remarque : La terre végétale doit être excavée afin d'assurer une transmission correcte des charges appliquées à la dalle. En effet, la présence de terre végétale compromettrait les conditions de portance requises, rendant la structure non conforme aux exigences techniques.

V. SYNTHÈSE

Dans le cadre de la restructuration de la chaufferie, deux solutions sont envisageables. Les options retenues sont résumées dans le tableau suivant :

Solution	Préconisation
1	Démolition d'une surface de 5,00 m × 5.03 m de la dalle et mise en place des renforts métallique IPE 240 afin d'extraire la cuve. L'excavation de la terre végétale est impérative, car elle ne permet pas de satisfaire les critères de portance requis.
 Schéma de la solution 1	
2	Démolition partielle du mur séparant la cheminée et la cuve sur une hauteur de 3,83 m et une longueur de 4,62 m afin de permettre l'extraction de la cuve. Un profilé métallique HEA 200 ainsi qu'un poteau HEB 200 seront mis en place pour assurer la reprise des charges. La terre végétale doit être excavée afin d'assurer une transmission correcte des charges appliquées à la dalle. La cuve a une hauteur de 3,20 m, tandis que le mur à démolir mesure 3,835 m auquel il faut retirer la hauteur d'un HEA 200 (19cm) soit un delta de 43,5 cm.

VI. RECAPITULATIF DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Plan d'implantation des sondages

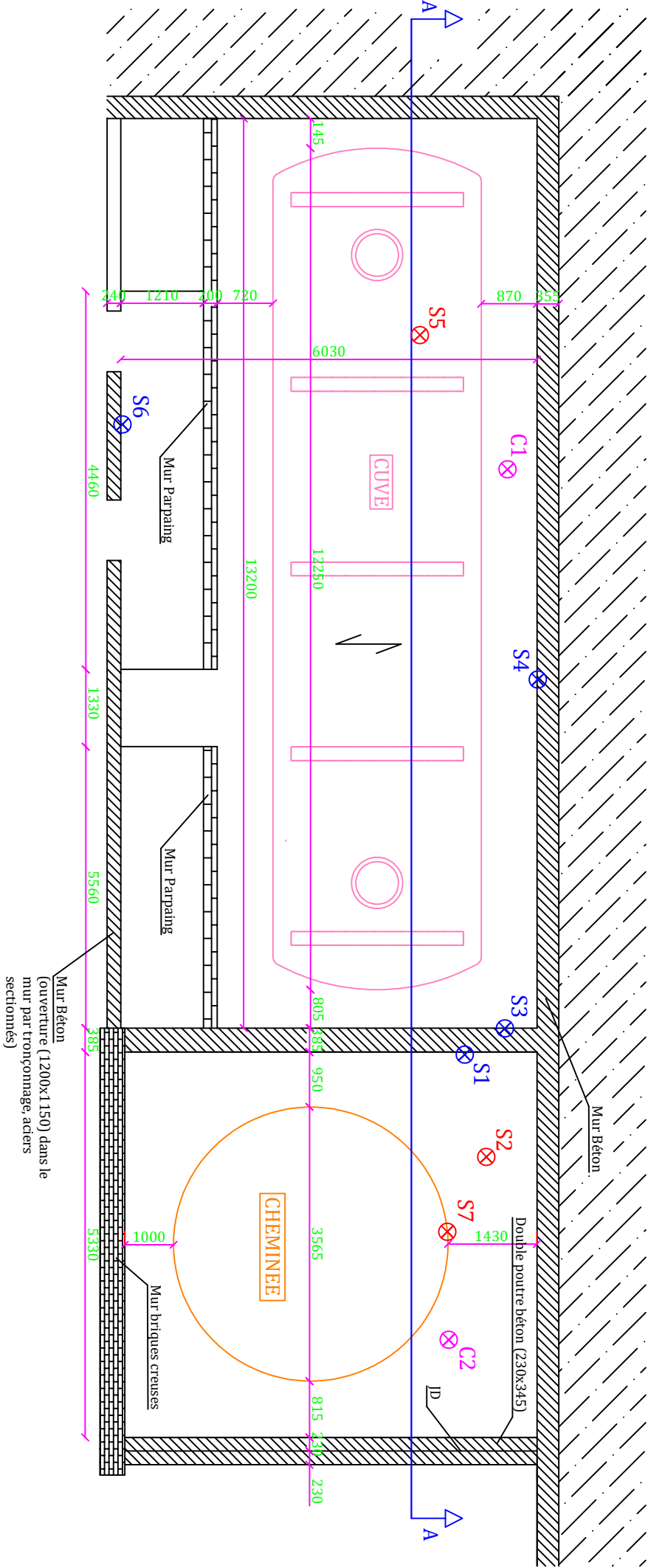
ANNEXE 2 : Coupe AA

Le présent compte rendu doit permettre au maitre d'œuvre d'envisager un programme de réhabilitation de l'ouvrage.

MasterDiag se tient à la disposition du client pour toutes informations sur le présent compte rendu.

L.BOUR
Ingénieur structure

Niveau R-1

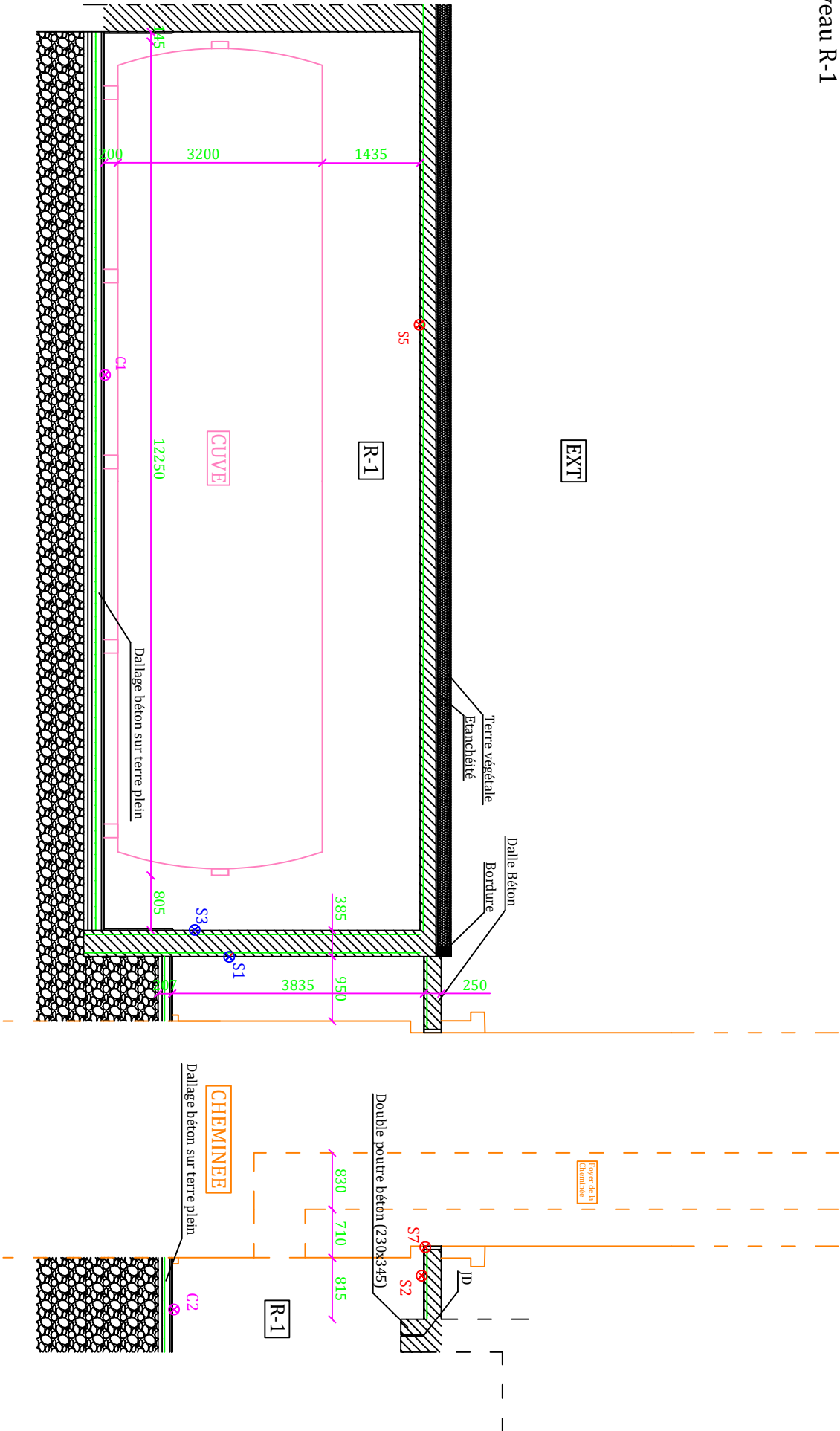


Légende:

- ⊗ Carottage en PB R-1
- ⊗ Sondage en PH R-1
- ⊗ Sondage de mur au R-1

Indice		Modification		Date	Signature
Dessiné par	G.CLAVE	Vérifié par	V.HOUDET	Numéro de dossier	D24.01.194
HOPITAL BEGIN A SAINT MANDE		ESID IDF		Date	24/02/2025
				Echelle	

Niveau R-1



Légende:

- ⊗ Carottage en PB R-1
- ⊗ Sondage en PH R-1
- ⊗ Sondage de mur au R-1

Indice		Modification		Date	Signature
Dessiné par G.CLAVE		Vérifié par V.HOUDET		Numéro de dossier D24.01.194	Date 24/02/2025
HOPITAL BEGIN A SAINT MANDE		ESID IDF		Echelle	