

ANALYSE STRUCTURE ET FAISABILITÉ – PHASE PRO

Date du rapport : 03/03/2026

MOA : ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES

Adresse : 2 avenue de Paris - 78000 Versailles

Architecte : A-Roh Architectes // 14 rue de l'Atlas - 75019 Paris

DOCUMENTS FOURNIS :

- DOE Amphi 1994 (plans + photos) transmis par MOA
- VER-AMPHI_PRO_260220 (plans) fourni par A-Roh architectes

ANALYSE STRUCTURE ET FAISABILITÉ :

Dans le cadre de nos missions de base pour la mission de MOE pour les travaux de rénovation de l'amphithéâtre de l'ENSA Versailles, nous avons effectué le 25/11/2025 une visite de site, Lors de cette visite, nous avons pu accéder à l'ensemble de l'amphithéâtre et faire un état des lieux structurel.

1) État de la structure actuelle de l'amphithéâtre :

L'ENSA occupe la Petite Écurie du château de Versailles construit au XVII^{ème} siècle. Le bâtiment est composé de murs en briques et pierres calcaire. L'amphithéâtre est situé au-dessus des voutes en pierre / briques de la galerie des sculptures du Louvre. D'après les informations fournies, l'étage de l'amphithéâtre a été restructurée dans les années 70 avec une structure en béton armé. Cette structure en béton armé est visible au niveau du plancher haut de l'amphithéâtre, où repose une verrière installée sur une ossature métallique

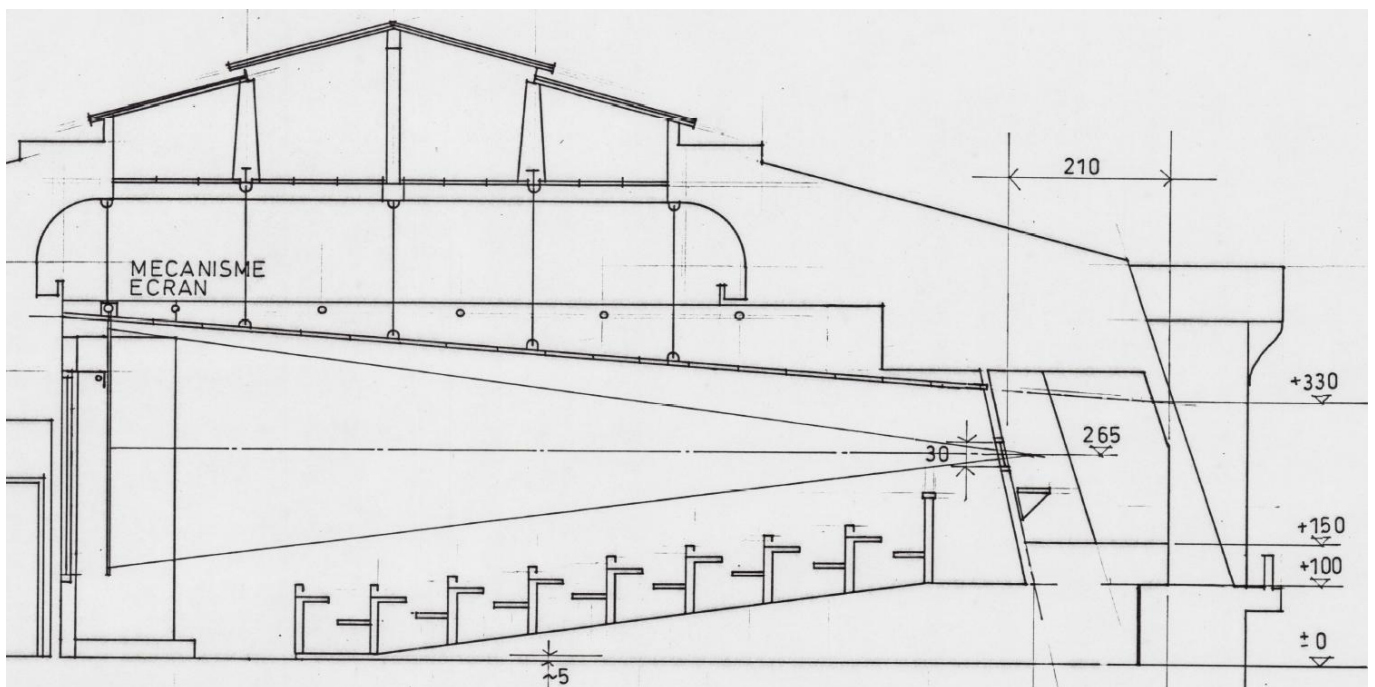
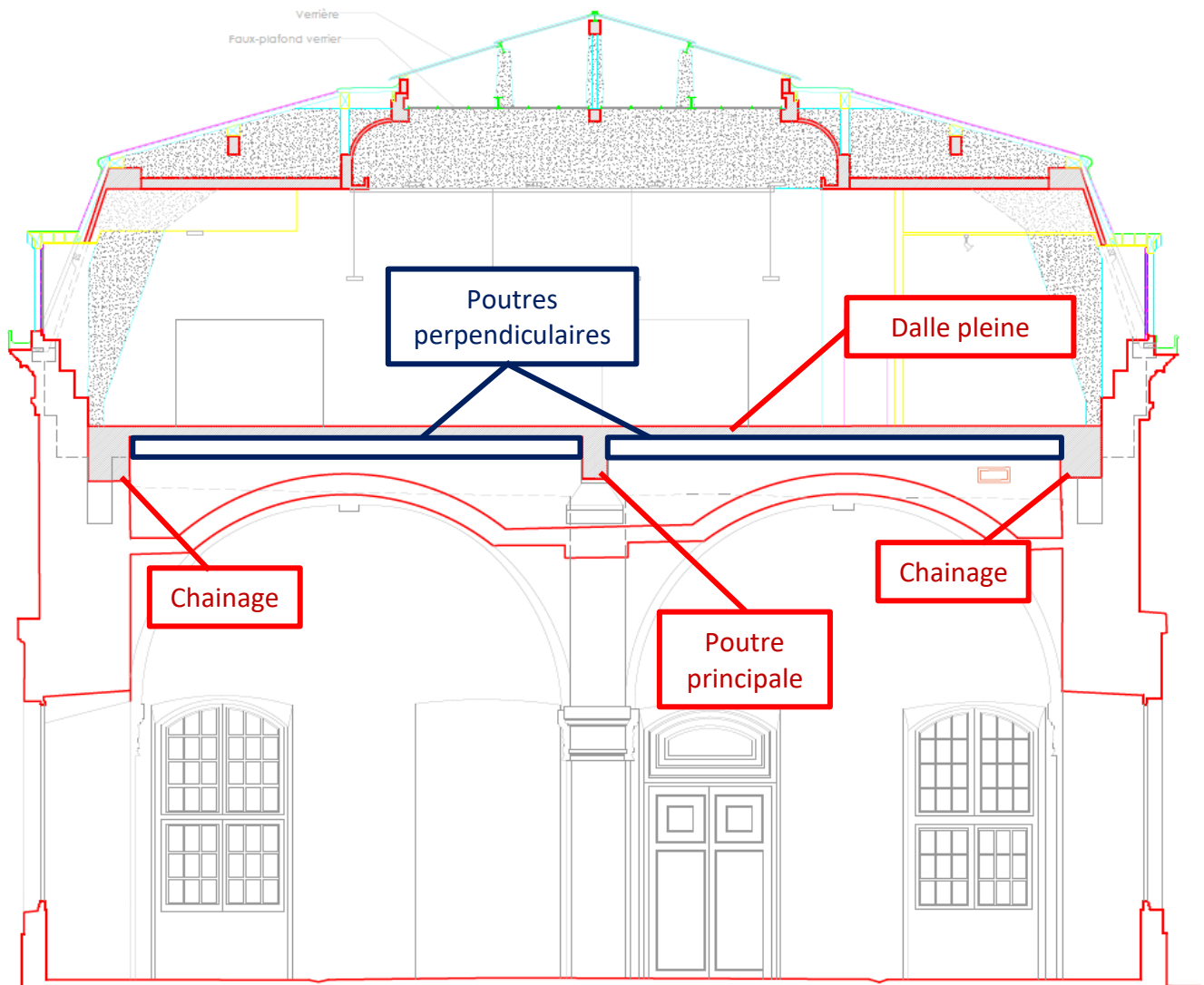


Figure 1 : Vue en coupe de l'amphithéâtre

Le complexe du plancher bas de l'amphithéâtre est composé d'une dalle en béton armé d'épaisseur 15 cm reposant sur des poutres perpendiculaires aux façades du bâtiment. Ces dernières sont reprises sur les façades par l'intermédiaire de chaînage en béton armé et à mi-travée sur une poutre de reprise s'appuyant sur les piliers en maçonnerie de la galerie des sculptures.

La structure en béton armé (dalle + poutres) est détaillée dans le rapport de diagnostic référencé « 25-15035_PRA_DIAG1_0_ENSAV 2 Avenue de Paris - 78000 Versailles », disponible en annexe du présent document.



Coupe LL'

Figure 2 : Vue en coupe au droit de la galerie des sculptures

La dernière rénovation de l'amphithéâtre date de 1994 durant laquelle la salle a été réorientée, la forme de pente a été créée, un faux-plafond a été mis en œuvre, l'isolation acoustique de la salle a été améliorée et des cloisonnements ont été ajoutés.

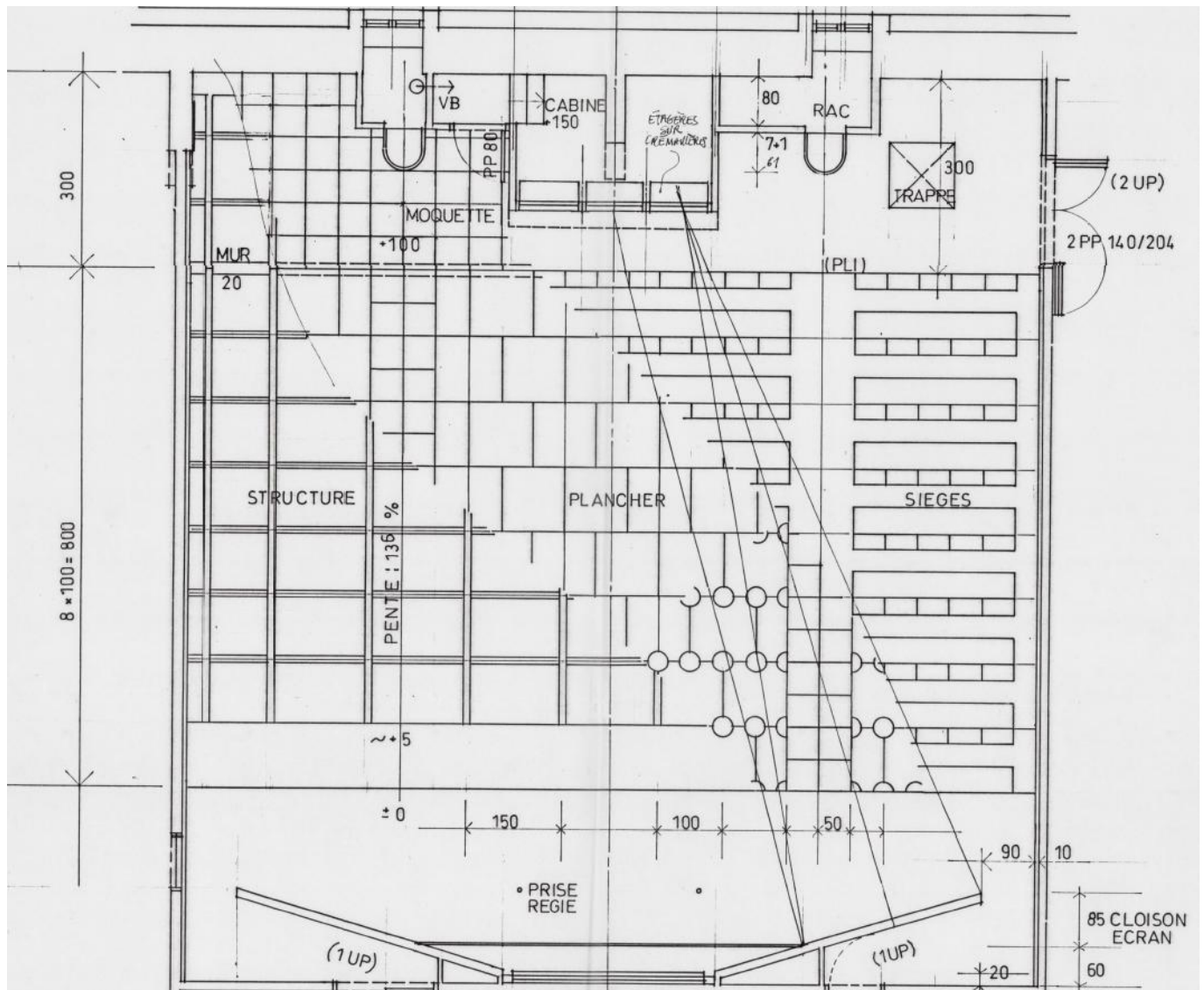


Figure 3 : Vue en plan de l'amphithéâtre

D'après les photographies issues du dossier DOE, la forme de pente de l'amphithéâtre est faite par des poutres bois en treillis reliées par des entretoises au droit des fixations des tables / chaises. Par la trappe existante au fond de la salle, sur la partie plane, nous avons mesuré des sections de poutre et poteaux de dimensions 6x15,5ht cm. Un contreplaqué d'épaisseur 2,5 cm a été posé sur la structure en bois.

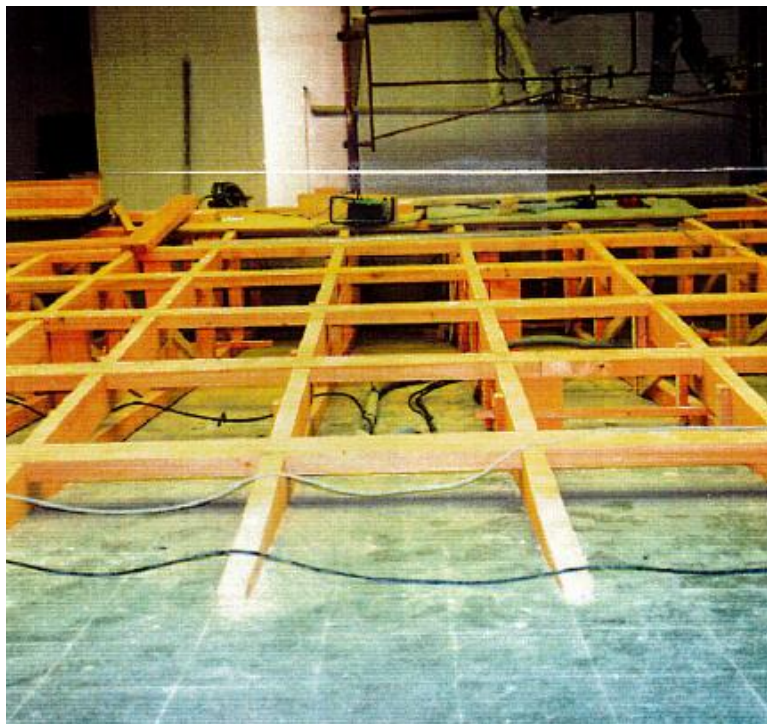
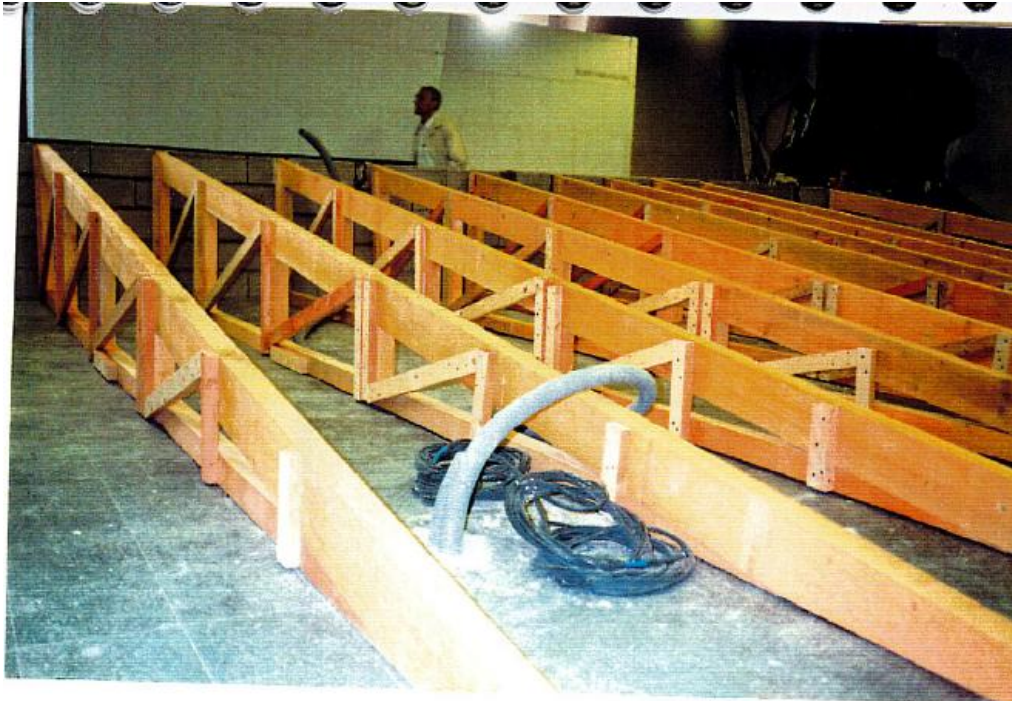


Figure 4 : Vues de la structure de l'amphithéâtre issues du DOE

D'après les observations faites sur site, l'ensemble des structures sont en bon état. Aucune fissures, signes de corrosion ou traces d'infiltrations n'ont été constatées aussi bien sur les murs que sur les poutres du plancher haut de l'amphithéâtre.

2) Évaluation de la faisabilité du projet

A - Mise en œuvre d'un mur en briques acoustiques :

Dans le cadre du projet, il est prévu la mise en œuvre d'un mur en briques acoustique (fiche technique disponible en annexe). Nous représentons en rouge ci-dessous son cheminement.

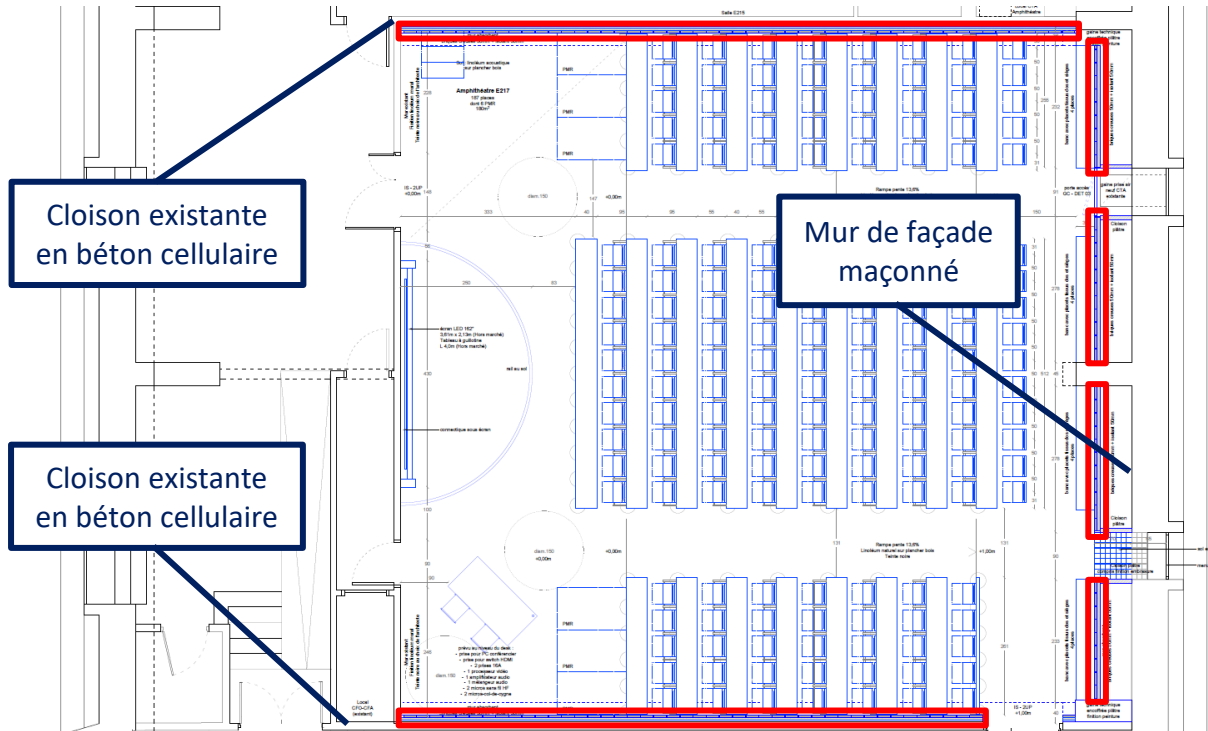


Figure 5 : Plan de repérage du mur en briques acoustique à mettre en œuvre

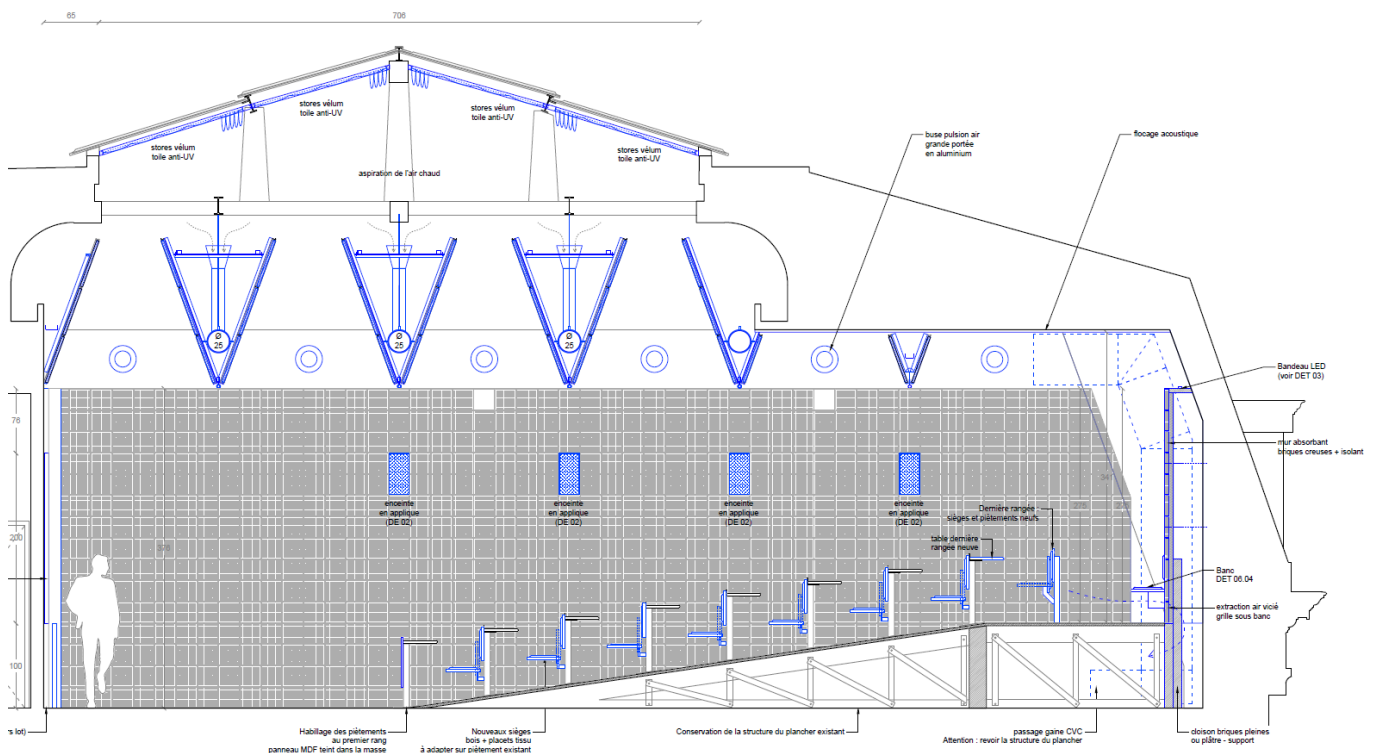


Figure 6 : Coupe avec repérage du mur en briques à créer

La faisabilité de la mise en œuvre du mur en briques acoustiques par rapport aux structures en béton armé existantes du plancher bas de l'amphithéâtre est confirmée dans le rapport de diagnostic référencé « 25-15035__PRA_DIAG1_0__ENSAV 2 Avenue de Paris - 78000 Versailles », disponible en annexe du présent document.

Sur le mur maçonné de façade, les attaches à prévoir afin de maintenir les parois en briques acoustiques horizontalement seront de type Typ ZV de la marque BEVER (voir fiche technique en annexe).

Sur les cloisons existantes en béton cellulaire, les attaches à prévoir afin de maintenir les parois en briques acoustiques horizontalement seront de type Typ PB 10 de la marque BEVER (voir fiche technique en annexe).

Quel que soit le type de support, il est nécessaire de prévoir au minimum 7 fixations par m² en zone courante, et 3 supplémentaires sur tous les bords libres.

Ancrage PB 10 pour murs creux en béton cellulaire jusqu'à 250 mm (à percer) :

ce système est utilisé pour le bardage et l'isolation ultérieurs lorsque le mur intérieur est en béton cellulaire.



▲ Typ Dübelanker ZV-Welle



▲ Typ Porenbeton Luftschichtanker PB 10



▲ Anker, Typ ZV-Welle



▲ Anker, Typ PB10

Figure 7 : Extrait du site internet du fabricant de briques GIMA Ziegel

B - Dépose de la cloison d'entrée

La cloison actuelle à l'entrée de l'amphithéâtre est maintenue par une structure métallique reliée au porteur du bâtiment. Dans le cadre du projet, il est envisageable de démolir la cloison par définition non porteuse, ainsi que l'ossature métallique.

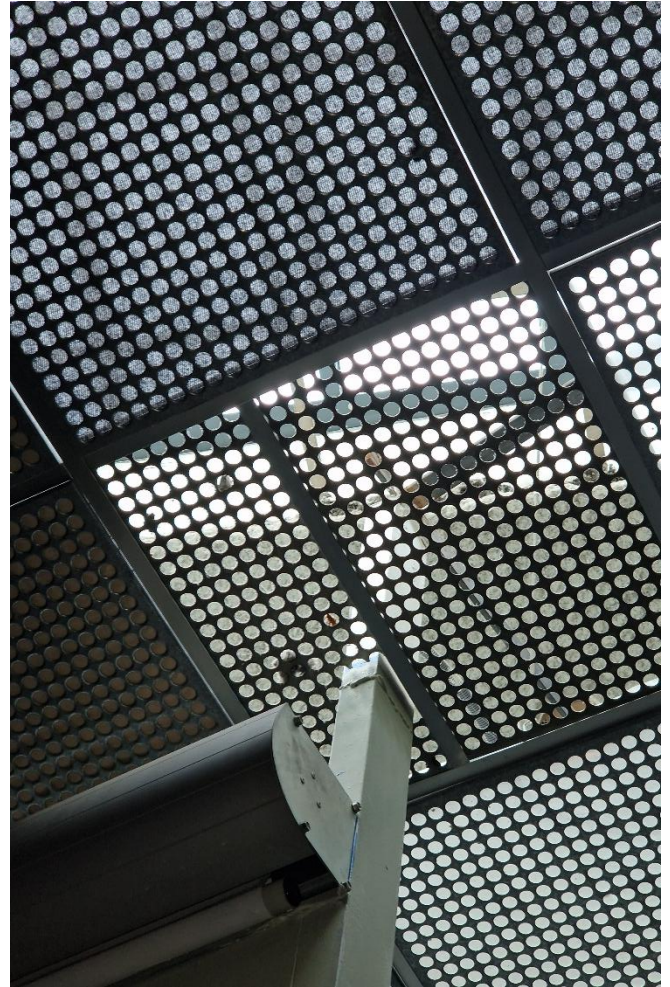


Figure 8 : Vue de la cloison maintenue aux porteurs par une ossature métallique

C - Restructuration du faux-plafond avec réemploi des cassettes métalliques

Dans le cadre du projet, il est prévu de réutiliser les cassettes métalliques (voir fiche technique en annexe) et restructurer le faux-plafond selon le modèle ci-dessous.

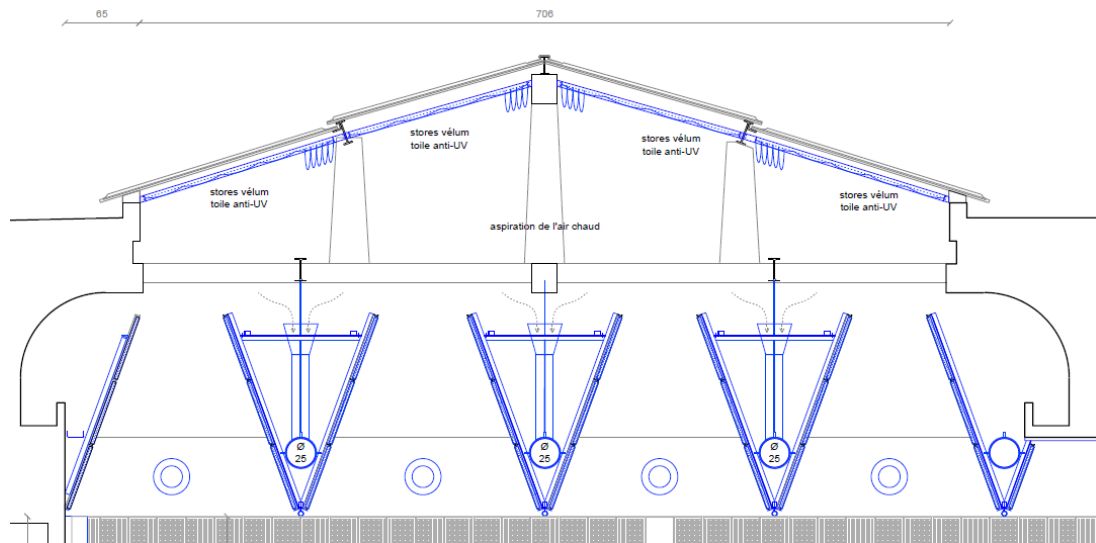
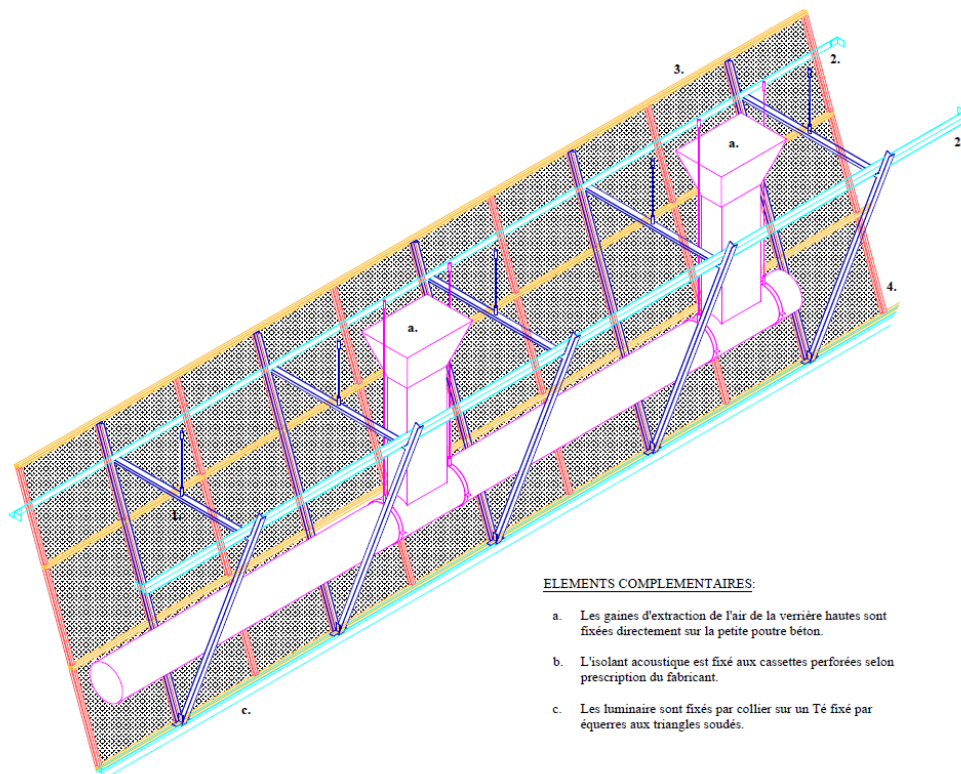


Figure 9 : Vues des cassettes métalliques réemployées pour la restructuration du faux-plafond



ELEMENTS COMPLEMENTAIRES:

- a. Les gaines d'extraction de l'air de la verrière hautes sont fixées directement sur la petite poutre béton.
- b. L'isolant acoustique est fixé aux cassettes perforées selon prescription du fabricant.
- c. Les luminaire sont fixés par collier sur un Té fixé par équerres aux triangles soudés.

Figure 10 : Repérage des éléments de l'ossature support des cassettes métalliques

Les cassettes métalliques ont les caractéristiques suivantes :

- Poids d'une cassette métallique : 1,7 daN
- Longueur des cassettes : 60 cm
- Nombre de cassettes fixées / structure triangulaire : 6

Soit le poids total des cassettes par mètre linéaire : 17 daN/ml

Aussi, il est prévu de repositionner les deux poutres métalliques IPE 200 (en bleu sur le plan ci-dessous) afin d'aligner la structure des cassettes métalliques.

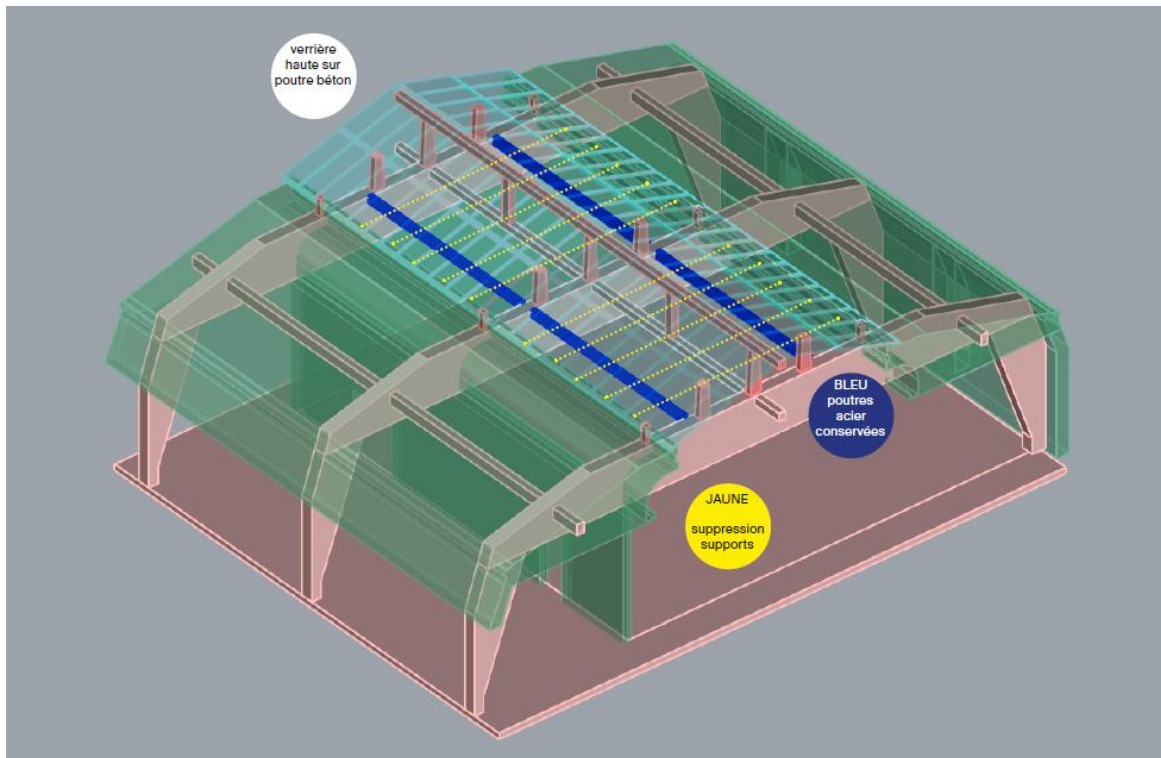


Figure 11 : Repérage des poutres support des cassettes métalliques à déplacer

Il n'y a pas de contre-indications à réaliser ces déplacements car ces poutres soutiennent uniquement l'ossature du faux-plafond amenée à être déposée et sont simplement fixées par cornières métalliques. De plus, le déplacement des poutres vers les façades permet un report des charges au plus près des appuis, réduisant ainsi les sollicitations internes et améliorant le fonctionnement structurel global.



Figure 12 : Vue du mode d'accrochage du faux-plafond existant

Nous vérifions dans ce qui suit la capacité portante des poutres métalliques IPE 200 en considérant les données suivantes :

- Poids des cassettes métalliques : 17 daN/ml
- Poids de l'ossature secondaire : 23 daN/ml
- Surcharges permanentes (réseaux, isolation) : 10 daN/ml

Soit au total, un poids total de 50 daN/ml pour une portée de poutres IPE 200 égale à 6,36 m.

Vérification IPE 200 existant													
profilé	profilé	profilé	profilé	type de sol :			plancher						
IPE	aucun	aucun	aucun										
200	0	0	0						f tot	f nui			
charges G	charges Q	χ	Portée	M _{maxELU}	T _{ELS}	T _{ELU}	N	100*MELS*L	150*MQ*L	Wel	σ	I	fmax
50	0	1,00	6,36	344	160	217	27,5	162,1	1,9	194	2,04	1943	0,26
daN/m²	daN/m²	m	m	daN.m	daN	daN	daN/m²	cm⁴	cm⁴	cm³	daN/m²	cm⁴	cm
Ok pour cette combinaison						soit une flèche limitée à I / 200 tée à I / 300 soit une flèche limitée à L/ 2417							

Les poutres IPE 200 support des cassettes métalliques vérifient les critères de flèche et de contrainte à l'état projet.

Nous prédimensionnons ci-après les structures triangulaires support des cassettes métalliques.

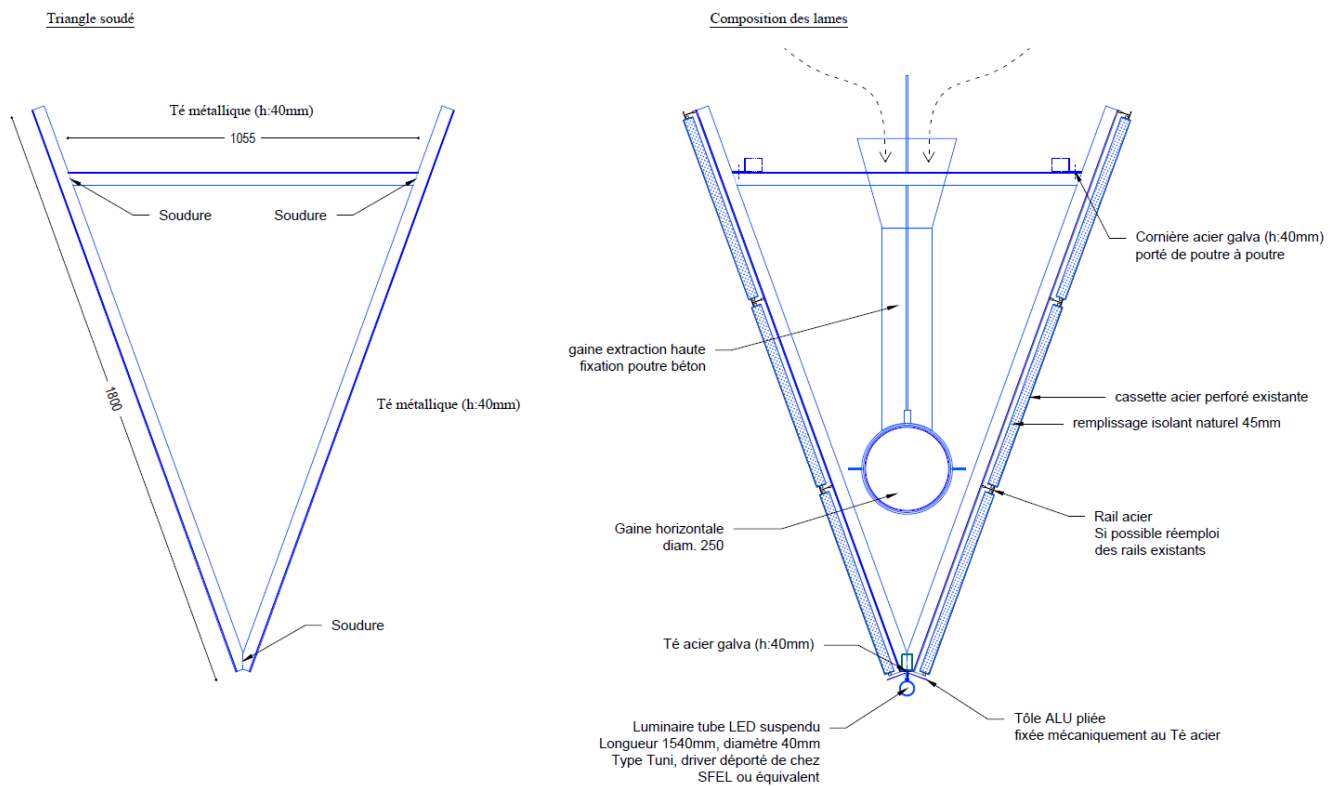


Figure 13 : Vue de la structure triangulaire support des cassettes métalliques

Nous présentons ci-dessous la modélisation effectuée pour la réalisation de l'ossature.

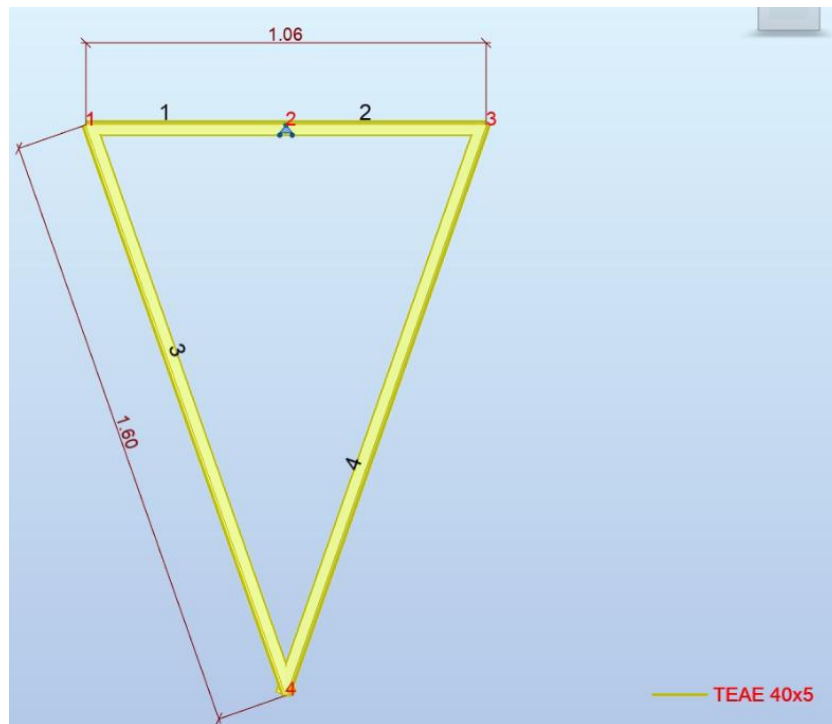


Figure 14 : Sections utilisées pour l'ossature triangulaire

Nous présentons ci-dessous les diagrammes de contraintes dans les barres.

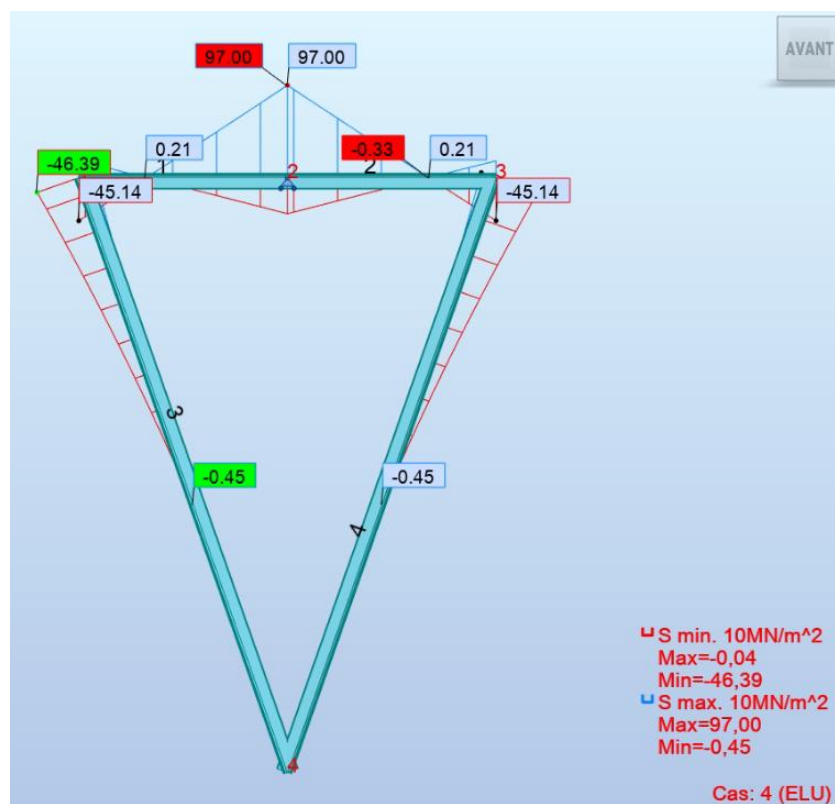


Figure 15 : Contraintes de Von Mises dans les poutres – σ_v – ELU – MPa
 $\sigma_v = 97,00 \text{ MPa} > \sigma_e = 235 \text{ MPa}$ – Vérifiées

Les profils métalliques sélectionnés satisfont le critère de contrainte à l'ELU.

Nous présentons ci-dessous la réaction d'appuis induite par l'ossature triangulaire.

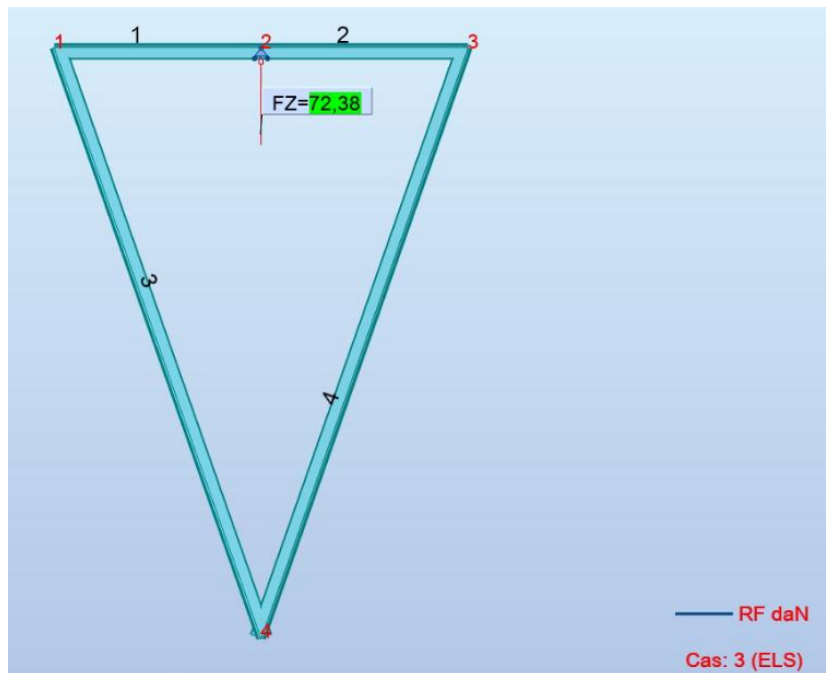


Figure 16 : Réactions d'appui de l'ossature triangulaire à l'ELS

Sur la poutre centrale en béton armé, les ossatures triangulaires pourront être fixés par l'intermédiaire d'une tige filetée M8 avec des crampons de fixation d'une part et d'autre part scellée chimiquement dans la poutre en béton armé sur une profondeur de 10 cm.

Sur les poutres métalliques IPE 200, les ossatures triangulaires pourront être fixés par l'intermédiaire d'une tige filetée M8 avec des crampons de fixation de part et d'autre.



Figure 17 : Vue d'un crampon de fixation

Pour les ossatures de reprise des cassettes métalliques situées sur les rives, deux profilés IPE 140 seront ajoutés afin de reprendre les charges de porteur à porteur.

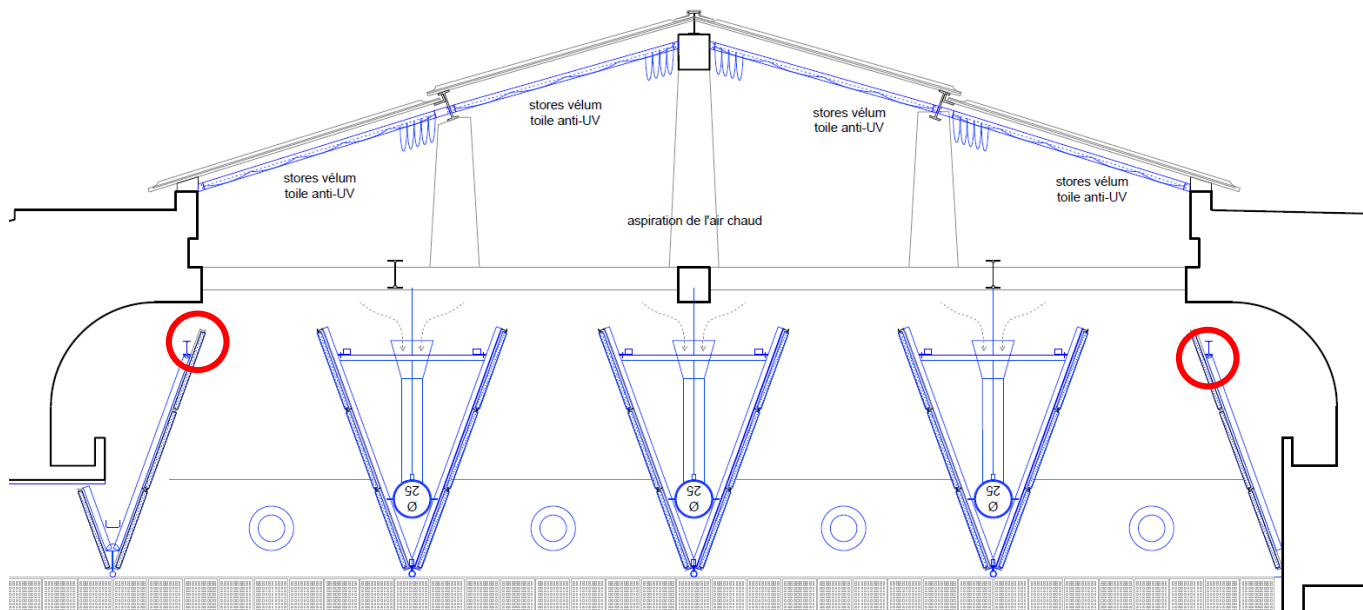


Figure 18 : Repérage des poutres de rive

- Poids des cassettes métalliques : 17 daN/ml
- Poids de l'ossature secondaire : 23 daN/ml
- Surcharges permanentes (réseaux, isolation) : 10 daN/ml

Soit au total, un poids total de 50 daN/ml pour une portée égale à 6,36 m.

Dimensionnement IPE rive															
profilé	profilé	profilé	profilé	type de sol :				plancher							
IPE	aucun	aucun	aucun												
140	0	0	0					f _{tot}		f _{nui}					
charges	charges	χ	Portée	M _{maxELU}	T _{ELS}	T _{ELU}	N	100*MELS*	150*MQ*	Wel	σ	I	f _{max}	f _{nui}	
G	Q							L	L						
50	0	1,00	6,36	344	160	217	27,5	162,1	1,9	77	5,12	541,2	0,94	0,01	
daN/m ²	daN/m ²	m	m	daN.m	daN	daN	daN/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	daN/m	cm ⁴	cm	cm	
Ok pour cette combinaison				soit une flèche limitée à l / 200 : e à l / 300 : une flèche limitée à L / 673 84822											

D – Mise en œuvre de stores sur la verrière existante

La structure existante support de la verrière est composée de poutres métalliques.



Figure 19 : Vue de la verrière existante

Dans le cadre du projet, il est prévu de mettre en place des stores vélum coulissant sur des rails en aluminium selon la fiche technique disponible en annexe. En considérant les données du constructeur, cela représente ce qui suit :

- Poids de la toile du store : 115 g/m^2 (négligeable)
- Rails aluminium thermolaqués espacés de 30 cm : 3 kg/m^2

Sachant que la verrière existante (double vitrage + ossature métallique) est estimée à 45 kg/m^2 , la mise en œuvre des stores représente une augmentation de charge de l'ordre de 6,7% ce qui est faible. Par conséquent, au vu de la faible augmentation de charge sur les structures existantes, il n'y a pas de contre-indications à mettre en œuvre les stores. Les moteurs seront positionnés dans la mesure du possible au droit de la panne faitière ou des pannes intermédiaires.

Annexes :

Fiche technique briques acoustiques :

DER AKUSTIKZIEGEL

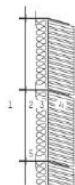
Im Innenbereich wird der Akustikziegel mit horizontaler Lochung eingesetzt.



Der optimale Aufbau ist wie folgt:

- 1. Rohbau oder tragende Wand
- 2. Luftschicht
- 3. Dämmstoff-Matte
- 4. GIMA-Akustikziegel
- 5. Verankerung mit Abstandhalter für Dämmung

Für den Außenbereich fordert die ZTV-Lsw 06 den Abfluss möglichen Regenwassers. Die Dämmung muss vor Durchfeuchtung und Verschmutzung geschützt werden.

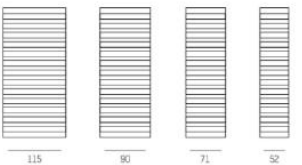
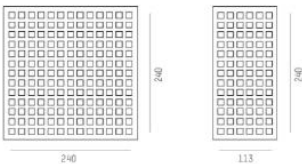


Dafür wurde der GIMA-Akustikziegel mit Schräglochung entwickelt. Er ist so zu versetzen, dass die Lochung nach außen hin abfällt. Lage und Beschaffenheit der Dämmstoff-Matte sind für die Funktion der Akustikwand von großer Bedeutung. Je nach gefordertem Absorptionsgrad sollte das Dämmstoff-Material eine Dichte von 110 kg/m³ aufweisen und mit einem Vlies kaschiert sein. Die Matte muss wasserabweisend sein und ist so zu montieren, dass ein leichter Druck zur Akustikschele hin gewährleistet ist.

Häufig eingesetzte Formate schnitttau oder entgratet

Format in mm	Nbr /m2	Poids / brique en kg
240/52/240	16	3,2
240/71/240	16	4,2
240/90/240	16	5,7
240/115/240	16	7,2
240/52/113	33	1,7
240/71/113	33	2,2
240/90/113	33	2,7
240/115/113	33	3,2

Format Innenbereich
Ziegel mit horizontaler Lochung
Poids / m2 : 51,2kg



Objektbezogen sind natürlich wie bei allen Produktarten andere Abmessungen möglich. Unser Team berät Sie hierzu gern individuell.

Fiche technique ancrage sur mur en maçonnerie :

Dübelanker Typ ZV-Welle / Cavity wall tie model ZV-Welle

Der bauaufsichtlich zugelassene Dübelanker Typ ZV-Welle ist ein einteiliges Befestigungselement, bestehend aus einem Drahtanker aus Edelstahl Werkst. Nr. 1.4401 / 1.4362 und werkseitig vormontiertem B3S-Dübel (DBGM). Bauaufsichtlich zugelassen bis 250 mm Schalenabstand. Das System findet Anwendung bei der nachträglichen Verblendung und Isolierung von bestehendem Mauerwerk aus Vollstein bzw. Beton. Aufgrund der Vormontage beider Komponenten sowie der Welle am Ankerende wird die Verarbeitungszeit auf ein Minimum reduziert. Das System wird komplett geliefert, inklusive Einschlagrohr. Durch die Welle am Ankerende entfällt das Abwinkeln in der Vormauerschale. Verarbeitungsfehler werden ausgeschlossen.

The cavity wall tie model ZV-Welle, approved by the supervisory building authority Deutsches Institut für Bautechnik, is a one-piece fastening component consisting of a stainless steel 1.4401 / 1.4362 wire anchor (stainless steel grade 316 and pre-assembled B3S plug) DBGM (German design patent) approved for cavity width up to 250 mm. The cavity wall tie model ZV-Welle, can be used for fixing brick facing to back walls of concrete and solid brick. The processing time is reduced to a minimum due to the pre-assembly of the two components.

Due to the wavy end there is no need to bend the anchor into the outer leaf. Processing mistakes are nearly impossible as a drive in pipe is included to each box.

Art.-Nr.	Bezeichnung	Schalenabstand	VPE St.
Article no.	Name	Cavity width	Box
13010	4,0 x 180	bis / up to 45 mm	250
13020	4,0 x 210	bis / up to 75 mm	250
13030	4,0 x 250	bis / up to 115 mm	250
13040	4,0 x 275	bis / up to 140 mm	250
13050	4,0 x 300	bis / up to 165 mm	250
13060	4,0 x 320	bis / up to 185 mm	250
13070	4,0 x 350	bis / up to 215 mm	250
13075	4,0 x 375	bis / up to 240 mm	250
13080	4,0 x 400	bis / up to 265** mm	250

- ** bauaufsichtlich zugelassen bis 250 mm Schalenabstand
- Sonderlängen auf Anfrage
- Tatsächliche Länge = Bezeichnung abzgl. 25 mm, da die Anker nicht mehr abgewinkelt werden müssen
- Inklusive 1 Stück Einschlagrohr pro Paket

- ** approved up to 250 mm cavity width
- Further dimensions available on request
- Actual length = name less 25 mm, due to no need of bending
- Incl. 1 drive-in pipe per box

Zubehör / Accessories

- Iso-Clip / Iso-Clip

Montage / Installation

- 8 mm Ø Loch bohren
- ZV-Welle in Bohrloch einsetzen
- ZV-Welle mit Einschlagrohr und Hammer setzen
- Drill a hole 8 mm Ø
- Insert the ZV-Welle into the drill hole
- Position the ZV-Welle using a drive-in pipe and a hammer



1

Dübelanker Typ ZV-Welle / Cavity wall tie model ZV-Welle

Fiche technique ancrage sur mur en béton cellulaire :

1

Porenbeton- Luftschichtanker Typ PB 10 / Cavity wall tie model PB 10



Porenbeton- Luftschichtanker Typ PB 10 / Cavity wall tie model PB 10

Das bauaufsichtlich zugelassene Luftschichtankersystem Typ PB 10 besteht aus einem Einschraubanker aus Edelstahl Werkst. Nr. 1.4401 / 1.4362 und einem B3S-Spezialdübel.

Das System findet Anwendung bei der nachträglichen Verblendung und Isolierung von bestehendem Mauerwerk aus Porenbeton (z.B. Hebel, Ytong, usw.).

Für die ordnungsgemäße Montage werden Schraubwerkzeug und Eindrehadapter benötigt.

Durch die Welle am Ankerende entfällt das Abwinkeln in der Vormauerschale.

The cavity wall tie model PB 10, approved by the supervisory building authority Deutsches Institut für Bautechnik, consists of a V4A threaded anchor and a B3S special plug.

The system can be used for fixing brick facing to back walls of aerated concrete, aircrete blocks (Ytong ...).

A screwdriver and screw adapter are required for proper installation.

Due to the wavy end there is no need to bend the anchor into the outer leaf.

Art.-Nr.	Abmessung	Schalenabstand	VPE St.*
Article no.	Dimensions	Cavity width	Box*
12200	4,0 x 160 mm	bis / up to 60 mm	250*
12210	4,0 x 200 mm	bis / up to 100 mm	250*
12220	4,0 x 225 mm	bis / up to 125 mm	250*
12230	4,0 x 250 mm	bis / up to 150 mm	250*
12240	4,0 x 300 mm	bis / up to 200 mm	250*
12241	4,0 x 330 mm	bis / up to 230 mm	250*
12244	4,0 x 350 mm	bis / up to 250 mm	250*

- bauaufsichtlich zugelassen bis 250 mm Schalenabstand
- *incl. 1 Stck. Schraubwerkzeug pro Verpackung

- approved up to 250 mm cavity width
- *incl. 1 screwdriver per box

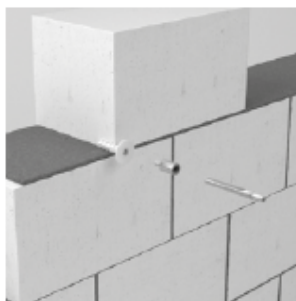
Zubehör / Accessories

- Eindrehadapter & Iso-Clip
- Screw adapter & Iso-Clip

Montage / Installation

Ausführliche Anwendungs- und Montagehinweise, siehe Zulassungsbescheid unter www.bever.de

For detailed tips regarding use and installation see approval at www.bever.de



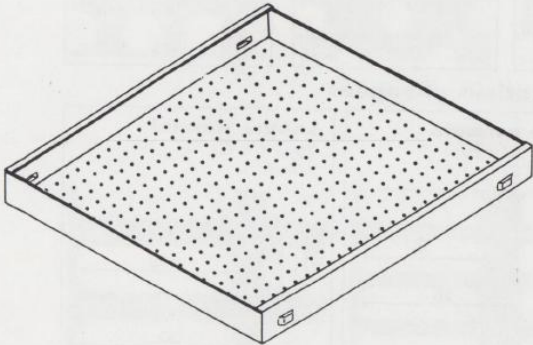
- Loch mit Stahlbohrer Ø 10 mm bohren
- Dübel mit Eindrehadapter und Schraubwerkzeug eindrehen
- Anker mit Adapter in den gesetzten Dübel einschrauben

- Drill a hole using a steel drill with a diameter of 10 mm
- Insert the plug using the screw adapter and screwdriver
- Use the adapter to screw the anchor into the plug. Due to the wavy end there is no need to bend it into the outer leaf

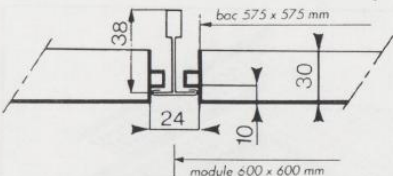
Fiche technique cassettes métalliques :

BACS METALLIQUES PERFORES

SUR OSSATURE APPARENTE

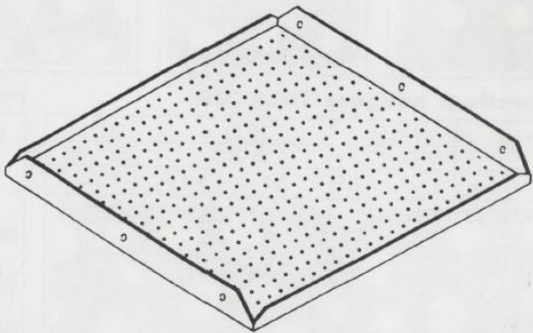


Détail du joint creux

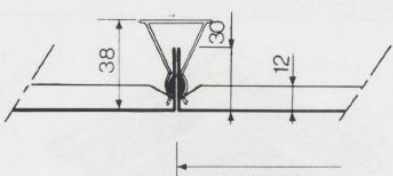


module 600 x 600 mm

SUR OSSATURE CACHÉE



Détail du profil secondaire T



module 600 x 600 mm

Dimensions :

module (mm)	
série primaire	600 x 600
série secondaire	600 x 1200 1200 x 1200
spécifique sur demande	dimensions modulaires de 100 mm (mini. 300 x 300)

module (mm)	
série primaire	600 x 600
série secondaire	600 x 1200
spécifique sur demande	toutes dimensions

Perforation : Une multitude de possibilités, voir page intérieure

Teinte standard : Prélaqué "blanc Touraine" sur base galva.

Masse : 1,7 kg/bac (valeur moyenne).

Matériaux et présentation :

MATERIAUX :	PRESENTATION :
• Tôle d'acier galvanisé en continu	• Série primaire : prélaqué "blanc Touraine", une face, cette face est recouverte d'un film adhésif protecteur. • Série secondaire : - Autres teintes prélaquées - Revêtements epoxy ou polyester
• Tôle électrozinguée	• Tôle nue • Revêtement epoxy ou polyester
• Aciers inoxydables Z8 C17 (430F00) Z2 CN 18-18 (304F10) Z6 CN 18-09 (304F00)	• Film adhésif protecteur (1 face)
• Alliage d'aluminium AG3 (5754)	• Anodisé • Revêtement epoxy ou polyester

Fiche technique store verrière :



SOLARIA®

Store vélum coulissant sur des rails en aluminium thermolaqués à la couleur de la véranda, il met en avant le raffinement du textile, assure la protection solaire et l'isolation thermique des surfaces vitrées, inclinées ou horizontales.

Il habille les vérandas en aluminium avec une toiture tubulaire ou épine.

Il se manoeuvre aisément grâce à un système à cordon en kevlar incorporé dans les rails, avec une manivelle ou un moteur électrique.

Disponible en version cintrée motorisée pour les parties incurvées ou toutes autres formes spécifiques (faisabilité sur étude).

Toiles 676, 323, 555, été/hiver, BLO Métallisée*, BLO M1*

* Attention, le mécanisme ne permet pas une occultation totale.
Des entrées de jours se feront par les côtés.

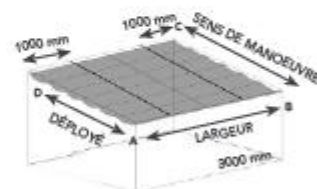
Largeur maxi = 676, 323, été/hiver, BLO Métallisée : 6000 mm
555 : 5000 mm
BLO M1 : 4 000 mm
Déployé maxi = 12000 mm en 2 parties ou 6000 mm en 1 partie
Hauteur stockage = 300 à 350 mm
Profondeur stockage =
manuel : 350 mm + 5% du déployé
motorisé : 460 mm + 5% du déployé

PRISE DE MESURES



POSITION N°1

Store coulissant perpendiculairement à la ligne de pente du toit (pente à 20° maximum)



POSITION N°2

Store coulissant parallèlement à la ligne de pente du toit (porte à faux maximum 1000mm ; dimension maximum entre deux rails : ± 3000mm)

Brevets et marques déposés. Fabrication française. Document non contractuel.

reflex
STORE ANTI CHALEUR
sol

ENSAV
2 Avenue de Paris
78000 Versailles

Affaire : ENSAV – 2 Avenue de Paris - 78000 Versailles

Référence : P25-15035 // PRA_DIAG1_0

RAPPORT DE DIAGNOSTIC

Étude de faisabilité pour la mise en œuvre d'un mur en briques de terre dans un amphithéâtre

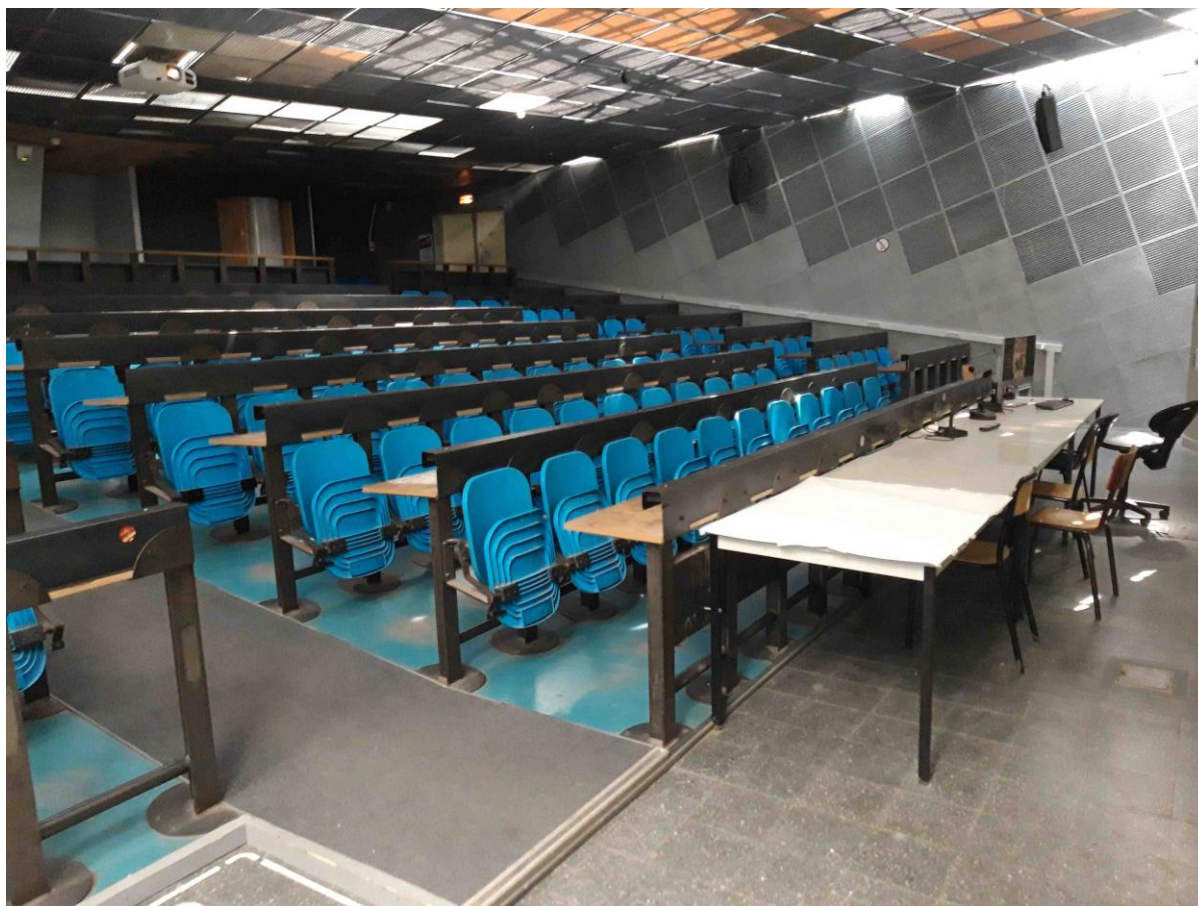


Table des matières

1)	Présentation de la mission	3
2)	Analyse de la structure du plancher bas de l'amphithéâtre.....	4
3)	Plan de repérage des sondages	5
4)	Constatations générales.....	6
A.	Résultats des sondages destructifs	6
B.	Clichés Ferroskan.....	10
C.	Résultats des essais sclérométriques	13
5)	Repérage du mur en briques acoustiques et hypothèses de calculs	15
6)	Vérification de la capacité portante du plancher.....	17
A.	Poutre sous cloison A	18
B.	Dalle et poutre sous cloison B	19
7)	Conclusion.....	21
8)	Annexes	22

1) PRÉSENTATION DE LA MISSION

Nous avons été missionnés par l'ENSAV afin de vérifier la faisabilité de mise en œuvre d'un mur en briques acoustiques dans l'amphithéâtre situé dans le bâtiment du 2 avenue de Paris à Versailles. Ceci intervient dans le cadre de la rénovation à venir de l'amphithéâtre ou il est prévu

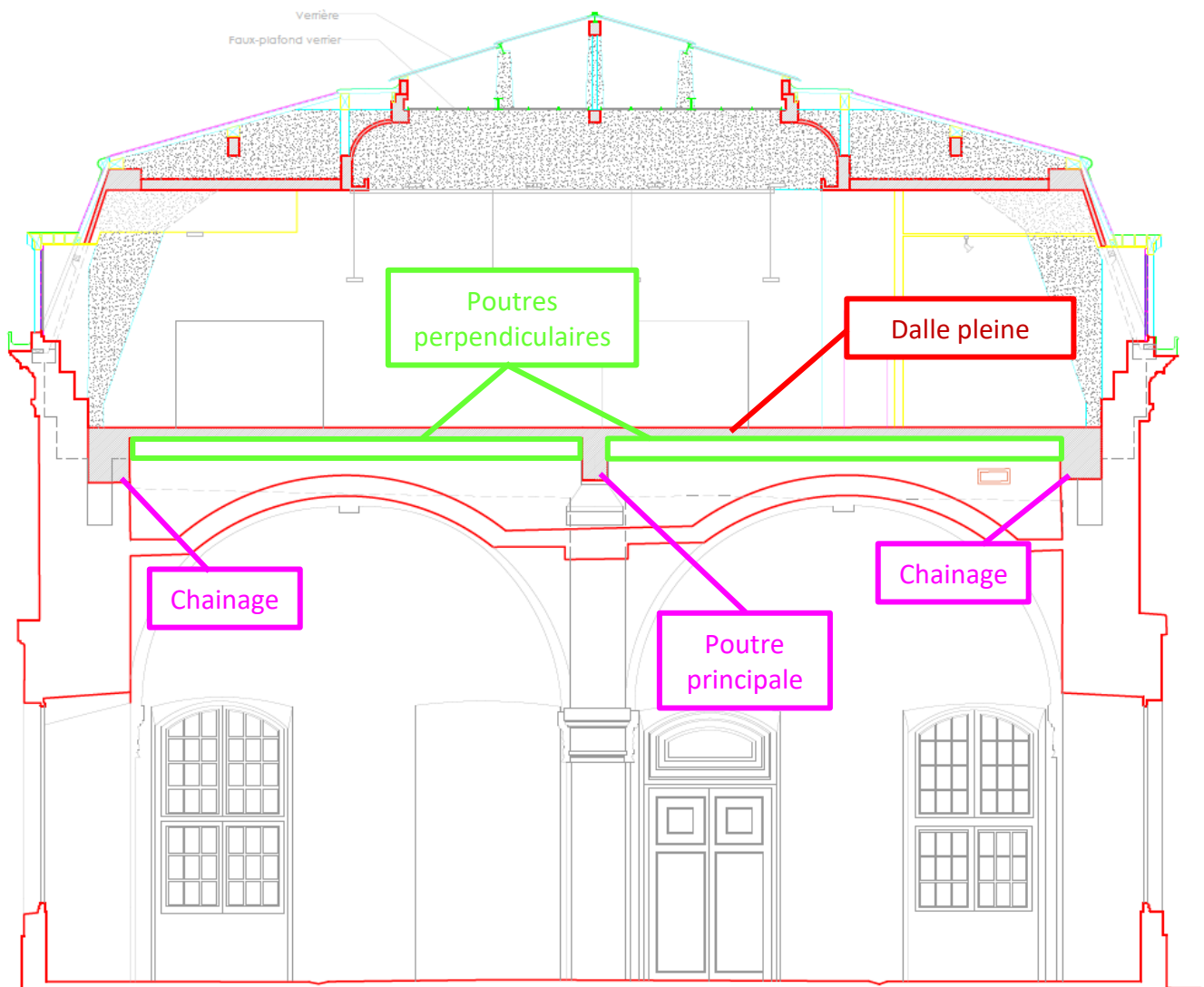


Figure 1 : Localisation de l'amphithéâtre

Ainsi, l'objectif de ce rapport est de présenter les observations faites lors de la campagne de sondages du 19/01/2026, d'analyser l'état de dégradation des structures, de vérifier la capacité portante des poutres par calculs et de conclure sur la faisabilité de mise en œuvre du mur en briques acoustiques avec ou sans renforts.

2) ANALYSE DE LA STRUCTURE DU PLANCHER BAS DE L'AMPHITHÉÂTRE

Le complexe du plancher bas de l'amphithéâtre est composé d'une dalle en béton armé d'épaisseur 15 cm reposant sur des poutres perpendiculaires aux façades du bâtiment. Ces dernières sont reprises sur les façades par l'intermédiaire de chaînage en béton armé et à mi-travée sur une poutre de reprise s'appuyant sur les piliers en maçonnerie de la galerie des sculptures.



Coupe LL'

Figure 2 : Vue en coupe au droit de la galerie des sculptures

3) PLAN DE REPÉRAGE DES SONDAGES

Nous présentons ci-dessous le plan de repérage des sondages.

Légende :

= Poutres perpendiculaires

= Poutre principale / Chainage

= Poteau du RDC

SDX = Sondage destructif

FX = Clichés Ferroskan

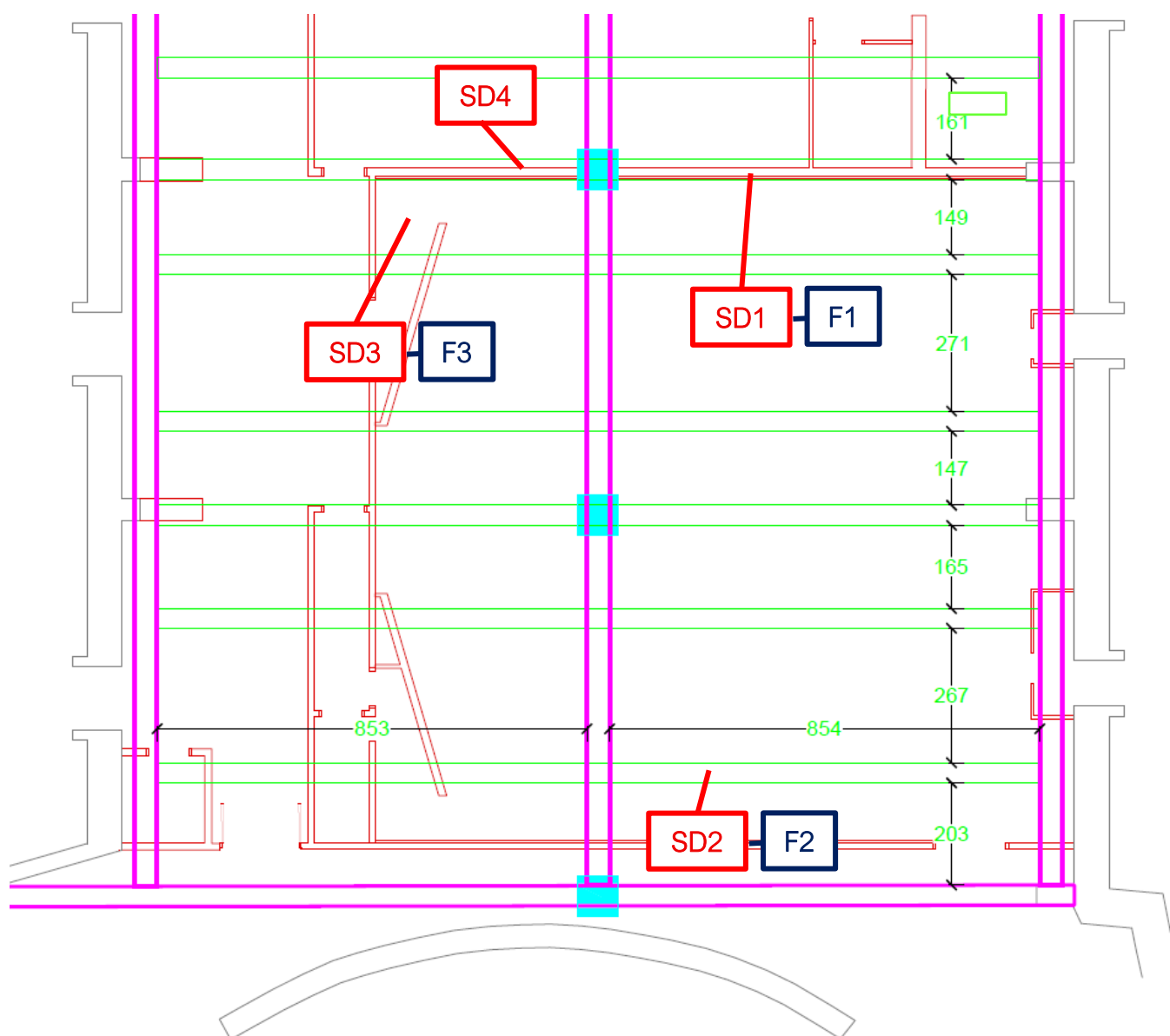


Figure 3 : Plan de repérage des sondages

4) CONSTATATIONS GÉNÉRALES

A. Résultats des sondages destructifs

SD1	Poutre perpendiculaire sous cloison
Photographie	
Description	• Section de la poutre : 40x53ht cm • Armatures longitudinales : 4x4Ø30 lisse • Armatures transversales : Ø10 lisse esp. 20-25 cm • Enrobages → vertical : 1,5 cm // horizontal : 5 cm
Observation	ETAT STRUCTUREL
	☒ BON ÉTAT ☐ ÉTAT MOYEN ☐ MAUVAIS ÉTAT

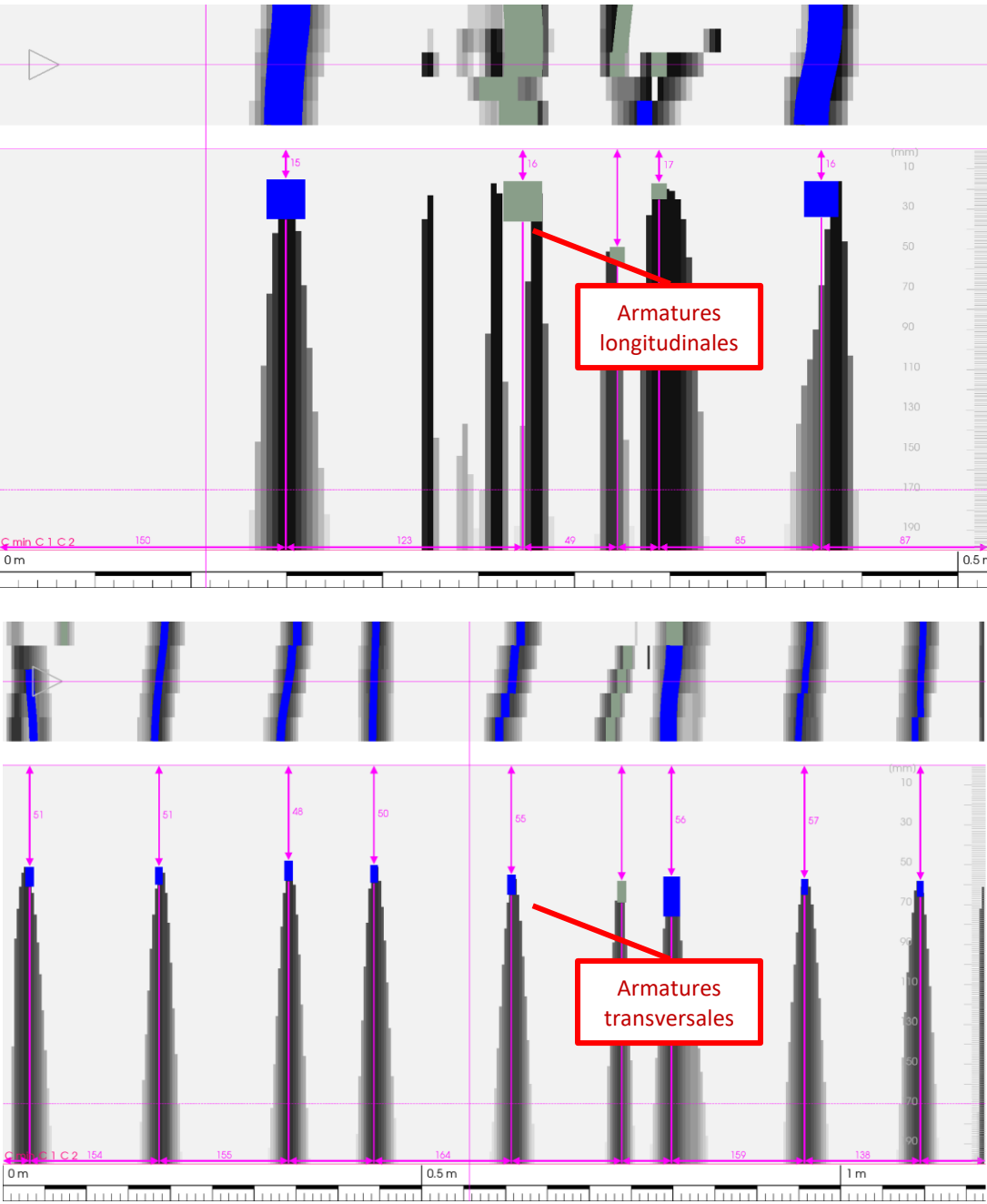
SD2	Poutre perpendiculaire sous cloison
Photographie	
Description	• Section de la poutre : 40x53ht cm • Armatures longitudinales : 4x4Ø30 lisse • Armatures transversales : Ø8 lisse esp. 10-15 cm • Enrobages → vertical : 1,5 cm // horizontal : 5 cm
Observation	ETAT STRUCTUREL
	☒ BON ÉTAT ☐ ÉTAT MOYEN ☐ MAUVAIS ÉTAT

SD3	Dalle pleine de l'amphithéâtre
Photographie	
Description	• Épaisseur de la dalle : 15 cm • Armatures principales : Ø10 lisse esp. 10 cm • Armatures transversales : Ø8 lisse esp. 25 cm • Enrobages → vertical : 0,8 cm
Observation	ETAT STRUCTUREL
	☒ BON ÉTAT ☐ ÉTAT MOYEN ☐ MAUVAIS ÉTAT

SD4	Cloisons existantes
Photographie	
Description	• Cloison en béton cellulaire type Siporex d'épaisseur 20 cm ; • Hauteur de la cloison : 4,45 m
Observation	ETAT STRUCTUREL
	☒ BON ÉTAT ☐ ÉTAT MOYEN ☐ MAUVAIS ÉTAT

B. Clichés Ferroskan

F1	Poutre perpendiculaire sous cloison
Photographie	The top image displays four vertical reinforcement bars. A red box labeled 'Armatures longitudinales' points to the bars. The vertical scale on the right ranges from 0 to 190 mm. The horizontal scale at the bottom ranges from 0 to 0.5 m. The bottom image displays four vertical reinforcement bars. A red box labeled 'Armatures transversales' points to the bars. The vertical scale on the right ranges from 0 to 90 mm. The horizontal scale at the bottom ranges from 0 to 0.5 m.
Description	• Section de la poutre : 40x53ht cm • Armatures longitudinales : 4x4 Ø30 lisse // enrobage moyen : 1,3 cm • Armatures transversales : Ø10 lisse esp. 20-25 cm // enrobage moyen : 4,5 cm

F2	Poutre perpendiculaire sous cloison
Photographie	 The top photograph shows a section of a concrete beam with longitudinal reinforcement bars. A red box labeled 'Armatures longitudinales' points to the bars. The bottom photograph shows a section of the same beam with transverse reinforcement bars. A red box labeled 'Armatures transversales' points to the bars. Both photographs include a scale bar and a vertical axis labeled (mm).
Description	• Section de la poutre : 40x53ht cm • Armatures longitudinales : 4x4 Ø30 lisse // enrobage moyen : 1,3 cm • Armatures transversales : Ø8 lisse esp. 10-15 cm // enrobage moyen : 5,3 cm

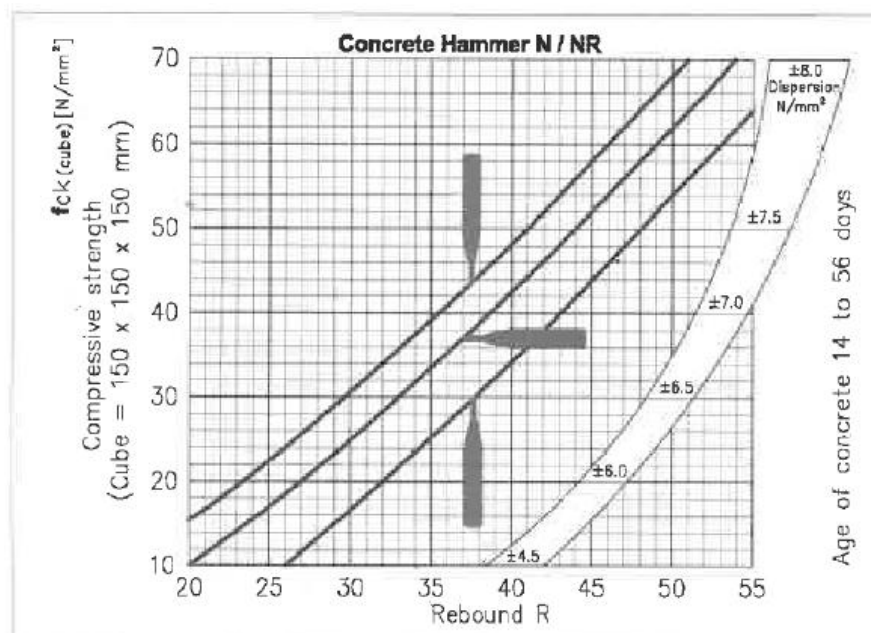
F3	Dalle pleine de l'amphithéâtre
Photographie	
Description	• Épaisseur de la dalle : 15 cm • Armatures principales : Ø10 lisse esp. 10 cm • Armatures secondaires : Ø8 lisse esp. 25 cm • Enrobages → vertical : 0,8 cm

C. Résultats des essais sclérométriques

Durant la campagne de sondages, nous avons réalisé des essais au scléromètre sur le béton afin de mesurer leur rebond et déterminer la classe de béton.

L'essai au scléromètre consiste à projeter une masse sur la surface du béton avec une énergie initiale constante. À la suite du choc, une partie de l'énergie est absorbée par le béton, l'autre partie provoque le rebondissement de la masse. L'énergie d'impact est produite par un système de ressorts dont l'amplitude du mouvement de recul est fonction de l'énergie de recul et des caractéristiques des systèmes de ressorts.

La mesure de la dureté au choc permet d'évaluer la résistance d'un béton de manière non destructive. Cette méthode est intéressante en raison de sa simplicité ; elle permet de faire rapidement des contrôles de régularité des bétons d'un ouvrage.



Classe de résistance à la compression	Résistance caractéristique minimale sur cylindres $f_{ck,cyl}$ N/mm ²	Résistance caractéristique minimale sur cubes $f_{ck,cube}$ N/mm ²
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Figure 4 : Courbe d'interpolation de la résistance (haut) et classes de résistance du béton (bas)

À partir des valeurs de rebonds obtenues pour chaque sondage, nous déterminons la résistance à la compression sur éprouvette cubique et par suite la classe de résistance du béton.

Nous présentons ci-dessous les résultats des essais au scléromètre réalisés sur les poutres secondaires et principales.

SD1	Essais		SD2	Essais		SD3	Essais
Rebond R	38		Rebond R	42		Rebond R	54
	50			39			42
	52			41			54
	50			39			42
	40			46			44
	46			37			46
Moyenne R	46		Moyenne R	41		Moyenne R	47
Ecart-type R	5,797		Ecart-type R	3,141		Ecart-type R	5,621
Classe de résistance à la compression	C30/37		Classe de résistance à la compression	C30/37		Classe de résistance à la compression	C30/37

Les résultats obtenus montrent qu'il s'agit d'un béton de classe C30/37. Dans les calculs de vérification des poutres, nous retenons par sécurité un béton de classe C25/30.

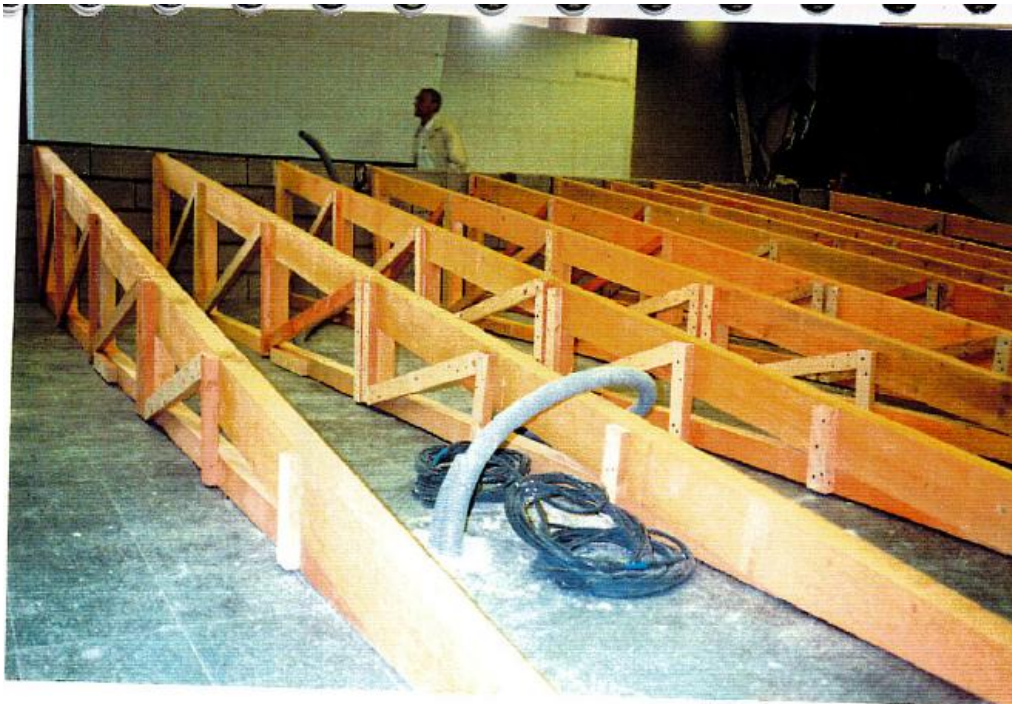
Dans le cadre du projet, il est prévu la mise en œuvre d'un mur en briques acoustique selon la disposition ci-dessous.



Dans les calculs, nous prenons en compte les hypothèses de calculs suivantes :

Charges permanentes :

- Dalle en béton armé ép. 15 cm : 375 daN/m²
- Surcharge permanentes (revêtement de sol et cloisons) : 50 daN/m²
- Structure en bois de l'amphithéâtre : 30 daN/m²



- Cloison type Siporex (600 daN/m³) d'épaisseur 20 cm et ht. 4,45 m : 534 daN/ml
- Mur en briques acoustiques d'argile ht. 4,00 m : 205 daN/ml

Charges d'exploitation :

- Espaces équipés de sièges fixes - amphithéâtre : 400 daN/m²

Matériaux :

- Nuance d'acier : Fe240 (par sécurité)
- Classe de béton : C25/30

6) VÉRIFICATION DE LA CAPACITÉ PORTANTE DU PLANCHER

Dans ce qui suit, nous vérifions les éléments du plancher sollicités par la mise en œuvre du mur en briques acoustiques. Nous repérons ci-dessous le repérage des cloisons.

Légende :

= Poutres perpendiculaires

= Poutre principale / Chainage

= Poteau du RDC

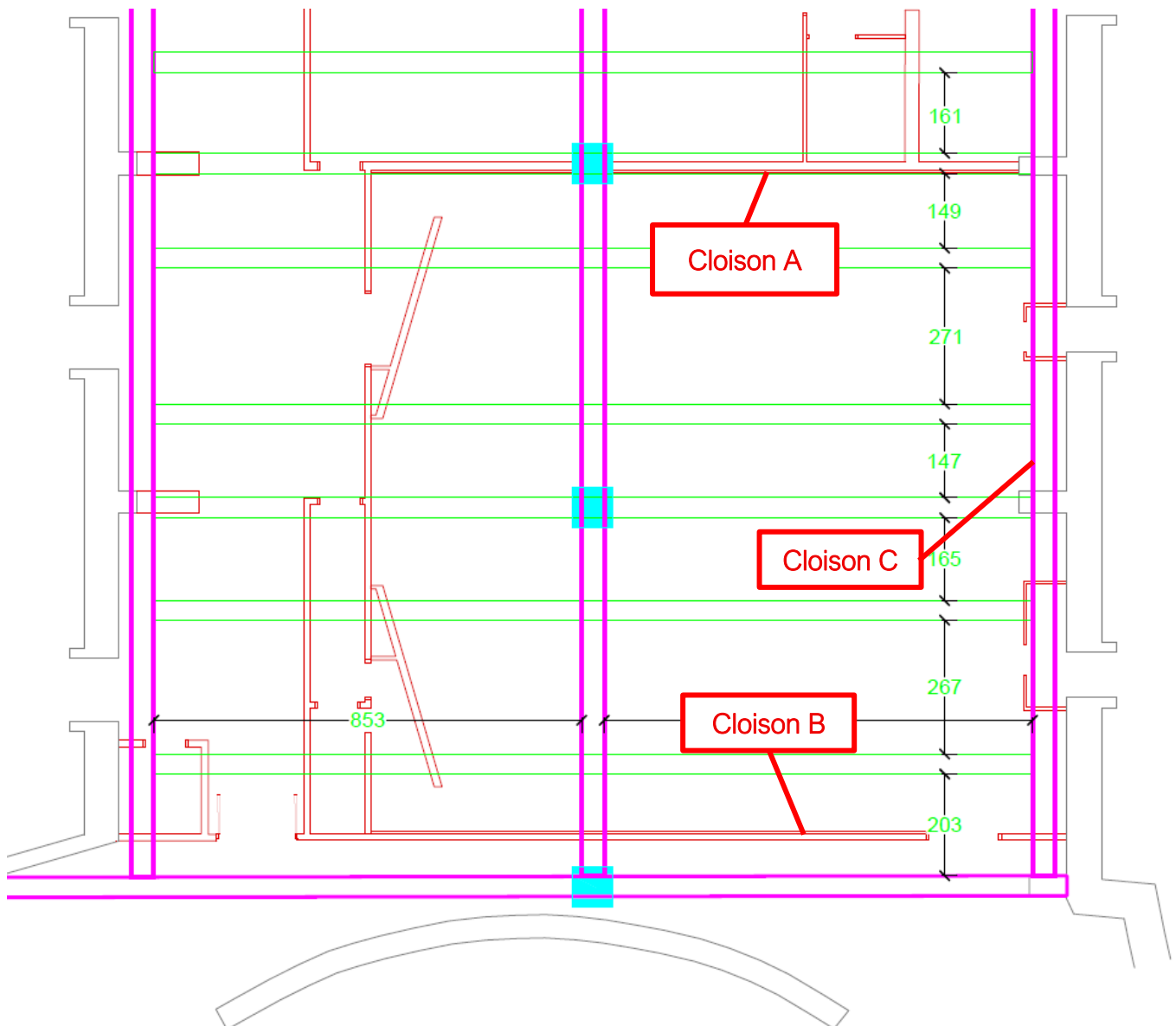


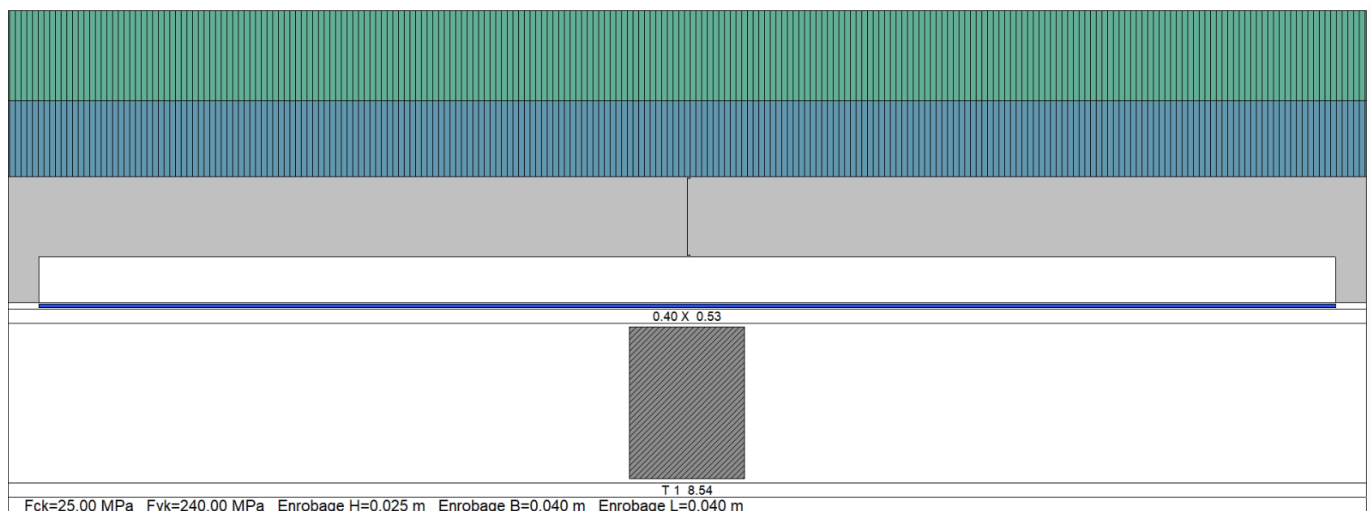
Figure 7 : Repérage des cloisons en briques à mettre en œuvre =

NOTA : La cloison C est située à l'aplomb du chainage situé en tête du mur de façade. Il n'y a donc pas de contre-indications à mettre en œuvre le mur en briques sur ce linéaire.

A. Poutre sous cloison A

Dans ce qui suit, nous vérifions la capacité portante de la poutre située en-dessous de la cloison A en tenant compte des données suivantes :

- Portée maximale de la poutre : 8,54 m
- Section de la poutre : 40x53ht cm
- Armatures en place : 4x4 Ø30 lisse
- Largeur d'influence : 1,75 m
- Charges ELS : $G + Q = 1\,535 + 700 = 2\,235$ daN/ml



- Vérification de la section d'acier : $A_{s,th} = 46,82 \text{ cm}^2 \leq 56,54 \text{ cm}^2 (8\text{Ø}30) \Rightarrow \text{Vérifiée}$

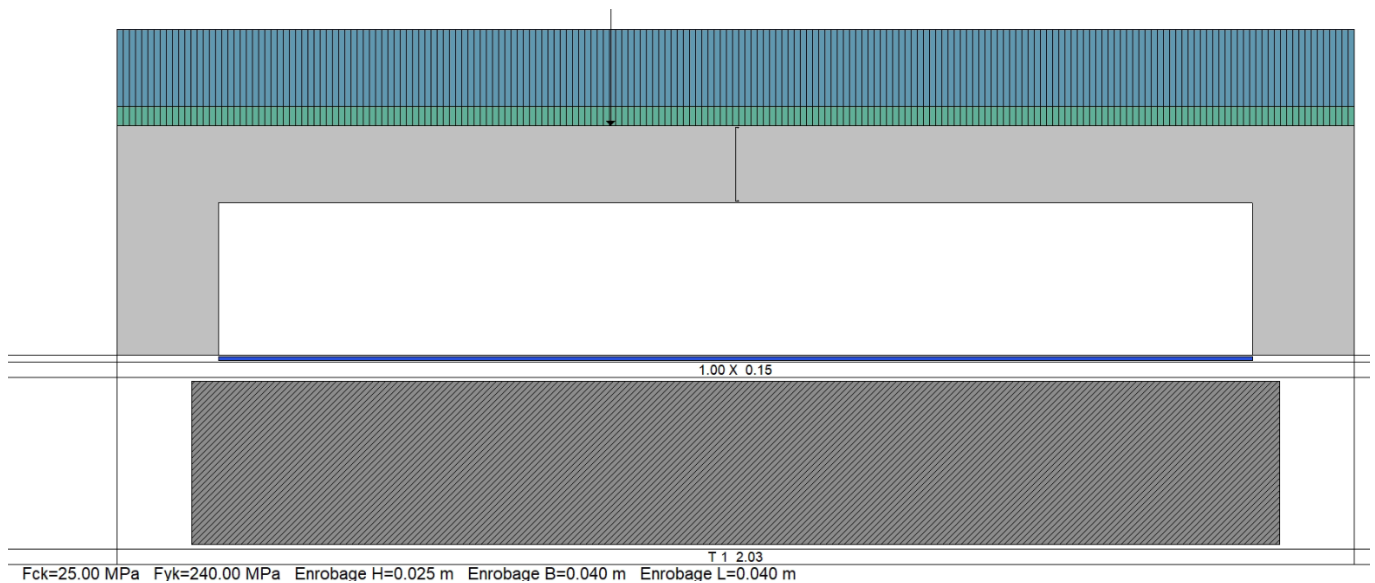
La poutre située sous la cloison A est vérifiée en tenant compte de l'ajout du mur acoustique en briques d'argile.

NOTA : Les calculs détaillés sont disponibles en annexe.

B. Dalle et poutre sous cloison B

Dans ce qui suit, nous vérifions la capacité portante de la dalle située en-dessous de la cloison B en tenant compte des données suivantes :

- Portée maximale de la dalle : 2,03 m
- Section de la dalle : 100x15ht cm
- Armatures en place : Ø10 lisse esp. 10 cm
- Charges ELS : $G_{\text{linéaire}} + Q_{\text{linéaire}} = 80 + 400 = 480 \text{ daN/ml}$
 $G_{\text{ponctuel}} + Q_{\text{ponctuel}} = 739 + 0 = 739 \text{ daN [abscisse : 0,77 m]}$



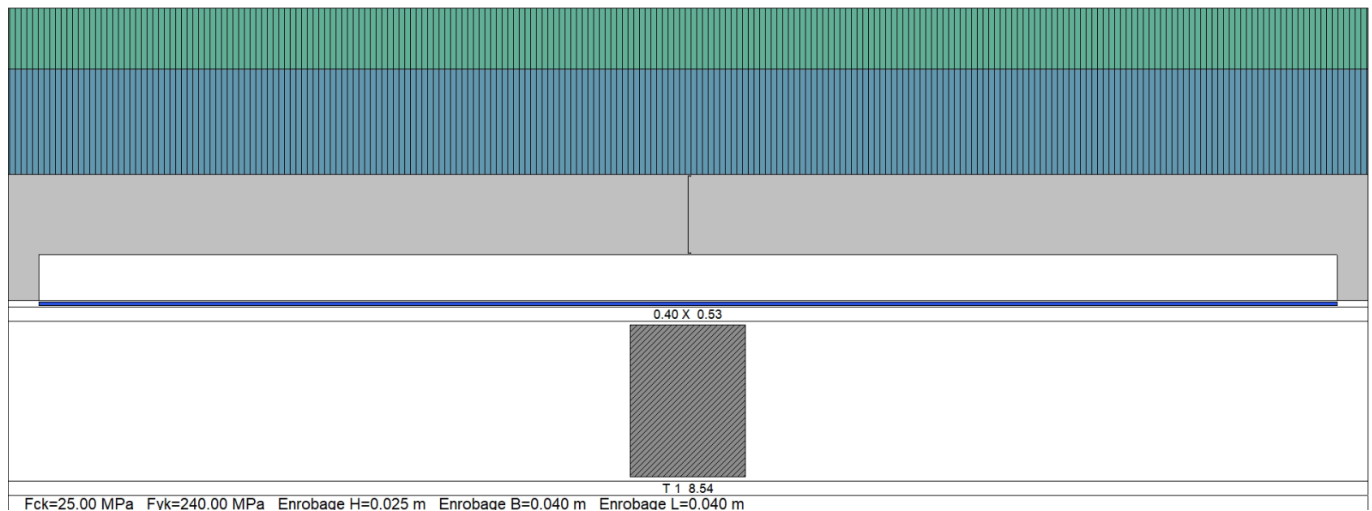
- Vérification de la section d'acier : $A_{s,th} = 5,80 \text{ cm}^2 \leq 7,85 \text{ cm}^2 (\text{Ø}10@10) \Rightarrow \text{Vérifiée}$

La dalle sous la cloison B est vérifiée en tenant compte de l'ajout du mur acoustique en briques d'argile.

NOTA : Les calculs détaillés sont disponibles en annexe.

Dans ce qui suit, nous vérifions la capacité portante de la poutre à proximité de la cloison B en tenant compte des données suivantes :

- Portée maximale de la poutre : 8,54 m
- Section de la poutre : 40x53ht cm
- Armatures en place : 4x4 Ø30 lisse
- Largeur d'influence : 2,55 m
- Charges ELS : $G + Q = 1\,612 + 1\,020 = 2\,632$ daN/ml



- Vérification de la section d'acier : $A_{s,th} = 56,05 \text{ cm}^2 \leq 56,54 \text{ cm}^2 (8\text{Ø}30) \Rightarrow \text{Vérifiée}$

La poutre située à proximité de la cloison B est vérifiée en tenant compte de l'ajout du mur acoustique en briques d'argile.

NOTA : Les calculs détaillés sont disponibles en annexe.

- Le plancher est composé d'une dalle en béton armé d'épaisseur 15 cm reposant sur des poutres perpendiculaires aux façades du bâtiment. Ces dernières sont reprises sur les façades par l'intermédiaire de chaînage en béton armé et à mi-travée sur une poutre de reprise s'appuyant sur les piliers en maçonnerie de la galerie des sculptures.
- L'ensemble des éléments sont en bon état et ne présente pas de signes de dégradation particuliers (fissures, corrosion des armatures, etc.).
- Les poutres perpendiculaires aux façades sont armées par deux lits d'armatures composés de 4 barres lisses de diamètre 30 mm.
- Les calculs de capacité portante du plancher effectués permettent de conclure qu'il est possible de mettre en œuvre le mur en briques acoustiques d'argile dont la configuration et les caractéristiques sont définies dans le présent rapport.



Rapport vérifié par KH. KARAM

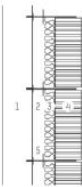
W. Karam

8) ANNEXES

A. Fiche technique du mur en briques acoustiques :

DER AKUSTIKZIEGEL

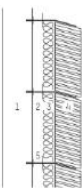
Im Innenbereich wird der Akustik-
ziegel mit horizontaler Lochung
eingesetzt.



Der optimale Aufbau ist wie folgt:

1. Rohbau oder tragende Wand
2. Luftschicht
3. Dämmstoff-Matte
4. GIMA-Akustikziegel
5. Verankerung mit Abstandhalter für Dämmung

Für den Außenbereich fordert die
ZTV-Lsw 06 den Abfluss möglichen
Regenwassers. Die Dämmung muss
vor Durchfeuchtung und Verschmut-
zung geschützt werden.

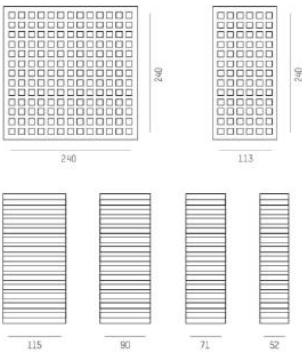


Dafür wurde der GIMA-Akustikziegel mit Schräglochung
entwickelt. Er ist so zu versetzen, dass die Lochung nach
außen hin abfällt. Lage und Beschaffenheit der Dämm-
stoff-Matte sind für die Funktion der Akustikwand von
großer Bedeutung. Je nach gefordertem Absorptionsgrad
sollte das Dämmstoff-Material eine Dichte von 110 kg/m³
aufweisen und mit einem Vlies kaschiert sein. Die Matte
muss wasserabweisend sein und ist so zu montieren,
dass ein leichter Druck zur Akustikschele hin gewähr-
leistet ist.

Häufig eingesetzte Formate
schnittrau oder entgratet

Format in mm	Nbr /m2	Poids / brique en kg
240/52/240	16	3,2
240/71/240	16	4,2
240/90/240	16	5,7
240/115/240	16	7,2
240/52/113	33	1,7
240/71/113	33	2,2
240/90/113	33	2,7
240/115/113	33	3,2

Format Innenbereich
Ziegel mit horizontaler Lochung
Poids / m2 : 51,2kg



Objektbezogen sind natürlich wie bei allen Produktarten andere Abmessun-
gen möglich. Unser Team berät Sie hierzu gern individuell.

B. Détermination des armatures théoriques minimales pour la poutre sous cloison A

I) Hypothèses générales

Unités Longueur : Mètre
 Force : TonneForce
 Moment : T*m
 Contraintes : MegaPa. (N/mm²)
 Calculs selon les EUROCODES (DAN France)
 Fck = 25.00 MPa Fylk = 240.00 MPa Fywk = 240.00 MPa
 Attention ! L'acier des barres longitudinales n'est pas ductile.
 Masse volumique du béton : 2.500 T/m³
 Charge prolongée ou cyclique
 Classe d'exposition : XC1
 Ouverture de fissure maximum = 0.40 mm
 Méthode de calcul : méthode du 'moment réduit limite'
 Diagramme à palier horizontal
 Coefficients de sécurité ELU : $\gamma_c = 1.50$ et $\gamma_s = 1.15$
 Coefficients de sécurité ELUA : $\gamma_c = 1.20$ et $\gamma_s = 1.00$
 Fluage $\phi(\infty, t_0) = 2.60$ (RH = 50%; $t_0 = 28$ jours)
 Classe de ciment : Classe N (normal)
 Pas de Béton Hautes performances - Pas de Béton avec fumée de silice
 Angle d'inclinaison des bielles = 45.00 °
 Enrobages : Bas = 0.0400 Haut = 0.0250 Latéral = 0.0400
 Tolérance de section réelle : = 0.00
 Prise en compte du poids propre sans celui de la table de compression

II) Géométrie

Trav.	Portée	Ag	Ad	H	B0	B	Table gauche			Table droite		
							HG	BG	HSUPG	HD	BD	HSUPD
T 1	8.54	0.40	0.40	0.53	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

III) Charges

Travée T 1

1) Charges réparties

Charge	Cas de charge	Intensité	x	l	DECA L
1	1 - Charges permanentes 1	1.53	-0.20	8.94	0.53
2	2 - Surcharges d'exploitation 1	0.70	-0.20	8.94	0.53

III-1) Combinaisons

	Num	Type	Titre
	1	Permanent	Charges permanentes 1
	2	Exploitation	Surcharges d'exploitation 1
	101	Comb_Lin	1.35x[1 G]
	102	Comb_Lin	1.35x[1 G]+1.5x[2 Q]
	103	Comb_Lin	1x[1 G]+1x[2 Q]
	104	Comb_Lin	1x[1 G]+0.5x[2 Q]
	105	Comb_Lin	1x[1 G]+0.3x[2 Q]

IV) Sollicitations

Redistribution des moments selon la méthode de la redistribution limitée (§5.5).
 Sur Appui : Pas de transmission directe pour effort tranchant

Appui gauche :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Vu	Coef
T 1	-5.75	-4.14	-3.62	-3.41	16.39	-

Appui droit :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Vu	Coef
T 1	-5.75	-4.14	-3.62	-3.41	-16.39	-

En Travée :

Travée	Travée (bas/haut)				
	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	X
T 1	38.34/ -0.00	27.62/ -0.00	24.13/ -0.00	22.73/ -0.00	4.27/ 4.27

V) Contraintes

Limite du béton 25.000 MPa Limite des aciers 192.000 MPa
Contrainte maxi sur le béton pour le dimensionnement aux ELU 16.667 MPa

Appui gauche :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	1.896	-119.264	1.549	-104.357	1.415	-98.385

Appui droit :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	1.896	-119.264	1.549	-104.357	1.415	-98.385

En Travée :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM	X
T 1	$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.14; \alpha_e = 19.93$		$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.45; \alpha_e = 21.90$		$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.60; \alpha_e = 22.86$		4.27
	12.938	-152.175	11.095	-133.814	10.368	-126.444	

VI) Aciers longitudinaux

Travée	Haut. utile	Appui gauche			Appui droit			Travée		
	Calc.	Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax
T 1	0.46	5.83	7.70	/	5.83	7.70	/	46.82	49.09	/

VII) Ouvertures des fissures

Vérifications des ouvertures de fissures		
Travée	W (mm)	Wmax (mm)
1	0.07	0.40

VIII) Aciers transversaux

Travée	Maximum cm ² /ml	Appui gauche cm ² /ml	Appui droit cm ² /ml
T 1	16.81	16.81	16.81

IX) Ancrage

Calcul des ancrages										
Repère	Fbt (KN)	ϕ_m (mm)	σ_{sd} (MPa)	Lb, rqd (mm)	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	Lbd (mm)
1	16.08	175	32.75	76	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	250
1	16.08	175	32.75	76	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	250
2	-	0	208.70	484	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	484
2	-	0	208.70	484	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	484

X) Aciers de peau

Travée	A (cm ²)	Espace (cm)	H' (cm)
T 1	0.00	0.00	0.00

XI) Aciers de glissements et bielles d'abouts

Trav.	Appui gauche				Appui droit			
	Acier de glissement		Bielle d'about		Acier de glissement		Bielle d'about	
	Aréel cm ²	Amini cm ²	$\sigma_{(rd,max)}$ Mpa	$\sigma_{c\theta}$ Mpa	Aréel cm ²	Amini cm ²	$\sigma_{(rd,max)}$ Mpa	$\sigma_{c\theta}$ Mpa
T 1	24.54	3.85	12.75	2.12	24.54	3.85	12.75	2.12

XII) Appuis

Travée	Appui gauche			Appui droit		
	Vu	Vu red	VRd,max	Vu	Vu red	VRd,max
T 1	16.387	16.387	75.666	-16.387	-16.387	75.666

XIII) Réactions aux appuis par cas de charges

Charges permanentes G		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-8.818	-8.818

Surcharges d'exploitation Q		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-2.989	-2.989

Max ELU		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-16.387	-16.387

Max ELS		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-11.807	-11.807

XV) Flèches

Travée	L/d Limite
T 1	19.48 27.56

C. Détermination des armatures théoriques minimales pour la dalle sous cloison B

I) Hypothèses générales

Unités Longueur : Mètre
 Force : TonneForce
 Moment : T*m
 Contraintes : MegaPa. (N/mm²)
 Calculs selon les EUROCODES (DAN France)
 Fck = 25.00 MPa Fyk = 240.00 MPa Fyk = 240.00 MPa
 Attention ! L'acier des barres longitudinales n'est pas ductile.
 Masse volumique du béton : 2.500 T/m³
 Charge prolongée ou cyclique
 Classe d'exposition : XC1
 Ouverture de fissure maximum = 0.40 mm
 Méthode de calcul : méthode du 'moment réduit limite'
 Diagramme à palier horizontal
 Coefficients de sécurité ELU : $\gamma_c = 1.50$ et $\gamma_s = 1.15$
 Coefficients de sécurité ELUA : $\gamma_c = 1.20$ et $\gamma_s = 1.00$
 Fluage $\phi(\infty, t_0) = 2.84$ (RH = 50%; $t_0 = 28$ jours)
 Classe de ciment : Classe N (normal)
 Pas de Béton Hautes performances - Pas de Béton avec fumée de silice
 Angle d'inclinaison des bielles = 45.00 °
 Enrobages : Bas = 0.0400 Haut = 0.0250 Latéral = 0.0400
 Tolérance de section réelle : = 0.00
 Prise en compte du poids propre sans celui de la table de compression

II) Géométrie

Trav.	Portée	Ag	Ad	H	B0	B	Table gauche			Table droite		
							HG	BG	HSUPG	HD	BD	HSUPD
T 1	2.03	0.40	0.40	0.15	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

III) Charges

Travée T 1

1) Charges ponctuelles

Charge	Cas de charge	Intensité	x	DECA
1	1 - Charges permanentes 1	0.74	0.77	0.15

2) Charges réparties

Charge	Cas de charge	Intensité	x	l	DECA
1	1 - Charges permanentes 1	0.08	-0.20	2.43	0.15
2	2 - Surcharges d'exploitation 1	0.40	-0.20	2.43	0.15

III-1) Combinaisons

	Num	Type	Titre
	1	Permanent	Charges permanentes 1
	2	Exploitation	Surcharges d'exploitation 1
	101	Comb_Lin	1.35x[1 G]
	102	Comb_Lin	1.35x[1 G]+1.5x[2 Q]
	103	Comb_Lin	1x[1 G]+1x[2 Q]
	104	Comb_Lin	1x[1 G]+0.5x[2 Q]
	105	Comb_Lin	1x[1 G]+0.3x[2 Q]

IV) Sollicitations

Redistribution des moments selon la méthode de la redistribution limitée (§5.5).
Sur Appui : Pas de transmission directe pour effort tranchant

Appui gauche :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Vu	Coef
T 1	-0.18	-0.13	-0.11	-0.11	1.84	-

Appui droit :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Vu	Coef
T 1	-0.18	-0.13	-0.11	-0.11	-1.62	-

En Travée :

Travée	Travée (bas/haut)				
	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	X
T 1	1.20/	0.86/	0.75/	0.71/	0.77/
	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	1.01

V) Contraintes

Limite du béton 25.000 MPa Limite des aciers 192.000 MPa
Contrainte maxi sur le béton pour le dimensionnement aux ELU 16.667 MPa

Appui gauche :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	0.609	-21.988	0.523	-19.198	0.489	-18.076

Appui droit :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	0.606	-22.029	0.522	-19.208	0.489	-18.076

En Travée :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM	X
T 1	$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.32; a_e = 21.08$		$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.67; a_e = 23.30$		$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.84; a_e = 24.38$		0.77
	4.525	-116.657	3.823	-102.069	3.548	-96.218	

VI) Aciers longitudinaux

Travée	Haut. utile Calc.	Appui gauche			Appui droit			Travée		
		Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax
T 1	0.10	0.73	5.53	/	0.73	5.53	/	5.80	8.64	/

VII) Ouvertures des fissures

Vérifications des ouvertures de fissures		
Travée	W (mm)	Wmax (mm)
1	0.05	0.40

VIII) Aciers transversaux

Travée	Maximum cm ² /ml	Appui gauche cm ² /ml	Appui droit cm ² /ml
T 1	16.67	16.67	16.67

IX) Ancrage

Calcul des ancrages										
Repère	Fbt (KN)	ϕ_m (mm)	σ_{sd} (MPa)	Lb, rqd (mm)	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	Lbd (mm)
1	0.82	40	10.47	10	0.70	0.85	1.00	1.00	1.00	100
1	0.72	40	9.19	9	0.70	0.85	1.00	1.00	1.00	100

X) Aciers de peau

Travée	A (cm ²)	Espace (cm)	H' (cm)
T 1	0.00	0.00	0.00

XI) Aciers de glissements et bielles d'abouts

Trav.	Appui gauche				Appui droit			
	Acier de glissement		Bielles d'about		Acier de glissement		Bielles d'about	
	Aréel cm ²	Amini cm ²	$\sigma_{(rd,max)}$ Mpa	$\sigma_{c\theta}$ Mpa	Aréel cm ²	Amini cm ²	$\sigma_{(rd,max)}$ Mpa	$\sigma_{c\theta}$ Mpa
T 1	8.64	0.43	12.75	0.26	8.64	0.38	12.75	0.23

XII) Appuis

Travée	Vu	Appui gauche		Appui droit		
		Vu red	VRd,max	Vu	Vu red	VRd,max
T 1	1.843	1.843	47.890	-1.619	-1.619	41.697

XIII) Réactions aux appuis par cas de charges

Charges permanentes G		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-0.914	-0.748

Surcharges d'exploitation Q		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-0.406	-0.406

Max ELU		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-1.843	-1.619

Max ELS		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-1.320	-1.154

XV) Flèches

Travée	L/d	Limite
T 1	24.55	54.36

D. Détermination des armatures théoriques minimales pour la poutre proche de la cloison B

I) Hypothèses générales

Unités Longueur : Mètre
 Force : TonneForce
 Moment : T*m
 Contraintes : MegaPa. (N/mm²)
 Calculs selon les EUROCODES (DAN France)
 Fck = 25.00 MPa Fyk = 240.00 MPa Fyk = 240.00 MPa
 Attention ! L'acier des barres longitudinales n'est pas ductile.
 Masse volumique du béton : 2.500 T/m³
 Charge prolongée ou cyclique
 Classe d'exposition : XC1
 Ouverture de fissure maximum = 0.40 mm
 Méthode de calcul : méthode du 'moment réduit limite'
 Diagramme à palier horizontal
 Coefficients de sécurité ELU : $\gamma_c = 1.50$ et $\gamma_s = 1.15$
 Coefficients de sécurité ELUA : $\gamma_c = 1.20$ et $\gamma_s = 1.00$
 Fluage $\phi(\infty, t_0) = 2.60$ (RH = 50%; $t_0 = 28$ jours)
 Classe de ciment : Classe N (normal)
 Pas de Béton Hautes performances - Pas de Béton avec fumée de silice
 Angle d'inclinaison des bielles = 45.00 °
 Enrobages : Bas = 0.0400 Haut = 0.0250 Latéral = 0.0400
 Tolérance de section réelle : = 0.00
 Prise en compte du poids propre sans celui de la table de compression

II) Géométrie

Trav.	Portée	Ag	Ad	H	B0	B	Table gauche			Table droite		
							HG	BG	HSUPG	HD	BD	HSUPD
T 1	8.54	0.40	0.40	0.53	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

III) Charges

Travée T 1

1) Charges réparties

Charge	Cas de charge	Intensité	x	l	DECA L
1	1 - Charges permanentes 1	1.61	-0.20	8.94	0.53
2	2 - Surcharges d'exploitation 1	1.02	-0.20	8.94	0.53

III-1) Combinaisons

	Num	Type	Titre
	1	Permanent	Charges permanentes 1
	2	Exploitation	Surcharges d'exploitation 1
	101	Comb_Lin	1.35x[1 G]
	102	Comb_Lin	1.35x[1 G]+1.5x[2 Q]
	103	Comb_Lin	1x[1 G]+1x[2 Q]
	104	Comb_Lin	1x[1 G]+0.5x[2 Q]
	105	Comb_Lin	1x[1 G]+0.3x[2 Q]

IV) Sollicitations

Redistribution des moments selon la méthode de la redistribution limitée (§5.5).
 Sur Appui : Pas de transmission directe pour effort tranchant

Appui gauche :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Vu	Coef
T 1	-6.63	-4.74	-3.97	-3.67	18.88	-

Appui droit :

Travée	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	Vu	Coef
T 1	-6.63	-4.74	-3.97	-3.67	-18.88	-

En Travée :

Travée	Travée (bas/haut)				
	Mu	Mcrq	Mfrq	Mqpm	X
T 1	44.17/ -0.00	31.59/ -0.00	26.49/ -0.00	24.46/ -0.00	4.27/ 4.27

V) Contraintes

Limite du béton 25.000 MPa Limite des aciers 192.000 MPa
Contrainte maxi sur le béton pour le dimensionnement aux ELU 16.667 MPa

Appui gauche :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	1.977	-137.078	1.508	-115.242	1.330	-106.490

Appui droit :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM
T 1	1.977	-137.078	1.508	-115.242	1.330	-106.490

En Travée :

Travée	Sb CRQ	Sat CRQ	Sb FRQ	Sat FRQ	Sb QPM	Sat QPM	X
T 1	$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.01; \alpha_e = 19.13$ 14.255		$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.40; \alpha_e = 21.59$ 11.710		$\varphi_e(\infty, t_0) = 3.60; \alpha_e = 22.86$ 10.709		1.79
		-141.732		-119.900		-111.131	

VI) Aciers longitudinaux

Travée	Haut. utile Calc.	Appui gauche			Appui droit			Travée		
		Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax	Calcul	Réel	Ømax
T 1	0.46	6.73	7.70	/	6.73	7.70	/	56.05	64.76	/

VII) Ouvertures des fissures

Vérifications des ouvertures de fissures		
Travée	W (mm)	Wmax (mm)
1	0.07	0.40

VIII) Aciers transversaux

Travée	Maximum cm ² /ml	Appui gauche cm ² /ml	Appui droit cm ² /ml
T 1	19.37	19.37	19.37

IX) Ancrage

Calcul des ancrages										
Repère	Fbt (KN)	ϕ_m (mm)	σ_{sd} (MPa)	Lb, rqd (mm)	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	Lbd (mm)
1	18.52	224	23.03	68	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	320
1	18.52	224	23.03	68	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	320
2	-	0	208.70	484	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	484
2	-	0	208.70	484	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	484

X) Aciers de peau

Travée	A (cm ²)	Espace (cm)	H' (cm)
T 1	0.00	0.00	0.00

XI) Aciers de glissements et bielles d'abouts

Trav.	Appui gauche				Appui droit			
	Acier de glissement		Bielles d'about		Acier de glissement		Bielles d'about	
	Aréel cm ²	Amini cm ²	$\sigma_{rd,max}$ Mpa	$\sigma_{c\theta}$ Mpa	Aréel cm ²	Amini cm ²	$\sigma_{rd,max}$ Mpa	$\sigma_{c\theta}$ Mpa
T 1	40.21	4.44	12.75	2.45	40.21	4.44	12.75	2.45

XII) Appuis

Travée	Vu	Appui gauche		Appui droit		
		Vu red	VRd,max	Vu	Vu red	VRd,max
T 1	18.881	18.881	75.666	-18.881	-18.881	75.666

XIII) Réactions aux appuis par cas de charges

Charges permanentes G		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-9.146	-9.146

Surcharges d'exploitation Q		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-4.355	-4.355

Max ELU		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-18.881	-18.881

Max ELS		
Travée	Appui gauche (T)	Appui droit (T)
T 1	-13.502	-13.502

XV) Flèches

Travée	L/d Limite
T 1	19.55 29.43