

ARA CONSTRUCTIONS

46 RN N113  
30620 BERNIS

A l'attention de Monsieur Vincent REMY

# RAPPORT D'ÉTUDE

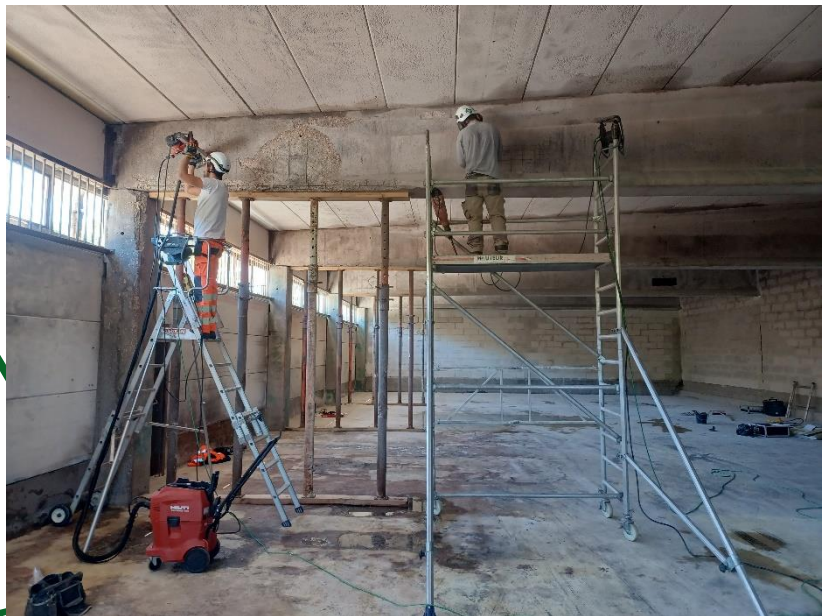
*Secteur d'activité : Ingénierie de l'existant*

## Diagnostic incendie du BSI des Douanes - Nîmes (30)

Investigations complémentaires

RAPPORT N° 56965.002.01.A

ARLES, LE 22 OCTOBRE 2024



Source : image LERM



setec  
lerm



[www.lerm.fr](http://www.lerm.fr)

**REFERENCES DE L'ETUDE**

<i>Référence du dossier</i>	56965
<i>Référence du document</i>	56965.002.01.A
<i>Nombre de pages</i>	17
<i>Nombre d'annexes</i>	0
<i>Nombre de rapports d'essais COFRAC</i>	Sans objet
<i>Référence de la proposition Lerm</i>	PE010312/IE
<i>Client</i>	ARA CONSTRUCTIONS
<i>Référence commande</i>	Bon pour accord sur devis du 2/09/2024

**REALISATION**

<i>Agence Lerm</i>	Agence d'Arles 23 rue de la Madeleine 13200 Arles
<i>Votre correspondant email</i>	François MARTIN <a href="mailto:francois.martin@setec.com">francois.martin@setec.com</a>
<i>Téléphone</i>	+33 6 87 76 23 35

**REVISION DU DOCUMENT**

Indice	Date	Nature des modifications
A	22/10/2024	Création du document
B		
C		

**VALIDATION DU DOCUMENT**

Indice	Rédaction	Vérification et approbation
A	Sophie DECOSTER <i>Ingénieure attachée d'études</i>	Olivier ANTERRIEU <i>Ingénieur chargé d'études confirmé</i>
B		
C		

**DIFFUSION DU DOCUMENT**

Destinataire	Format du document
<b>ARA CONSTRUCTIONS</b> Vincent REMY <a href="mailto:vremy@araconstructions.fr">vremy@araconstructions.fr</a>	pdf
<b>Lerm - Agence d'Arles</b> Sophie DECOSTER <a href="mailto:sophie.decoaster@setec.com">sophie.decoaster@setec.com</a>	pdf
<b>Lerm - Agence d'Arles</b> François MARTIN <a href="mailto:francois.martin@setec.com">francois.martin@setec.com</a>	pdf

Ce dossier a été réalisé dans une entreprise dont le système de management de la qualité est certifié ISO 9001 par AFAQ/AFNOR Certification.

---

## SOMMAIRE

---

<b>1 -</b>	<b>OBJET</b>	<b>4</b>
<b>2 -</b>	<b>PROGRAMME DE L'ETUDE</b>	<b>4</b>
<b>3 -</b>	<b>LOCALISATION DES INVESTIGATIONS SUR SITE</b>	<b>5</b>
<b>4 -</b>	<b>RESULTATS DES INVESTIGATIONS SUR SITE</b>	<b>6</b>
	4.1 Statistiques d'enrobage	6
	4.2 Reconnaissance de ferrailage des poutres	7
	4.3 Caractéristiques des dalles portées	12
	4.4 Mesure de la profondeur de carbonatation	14
	4.5 Essais d'adhérence par traction directe	15
<b>5 -</b>	<b>SYNTHESE</b>	<b>16</b>

## 1 - OBJET

A la demande et pour le compte de ARA CONSTRUCTIONS, le LERM a été chargé, de septembre à octobre 2024, de réaliser une étude ayant pour objectif d'effectuer des investigations complémentaires sur les poutres et dalles portées du BSI des Douanes, situé au 244 rue Marcel Pélissier à Nîmes (30).

Cette demande fait suite au précédent rapport N° 56965.001.01.A du 24 mai 2024.

## 2 - PROGRAMME DE L'ETUDE

Conformément au programme préétabli, les essais sur site ont été les suivants :

- préparation de l'intervention sur site (matériel, véhicule),
- intervention sur site de trois personnes spécialisées du LERM intégrant les prestations suivantes :
  - reconstitution du plan de ferrailage d'une poutre type sur la base de profils réalisés à l'aide d'un radar géophysique complétés par une série d'ouvertures : relevé dimensionnel, nombre d'aciers (passifs et actifs), diamètre, enrobage,
  - vérification du diamètre des torons et de la longueur éventuelle du gainage,
  - sondage pour vérification de la profondeur de carbonatation du béton en talon, par test à la thymolphtaléine,
  - caractérisation des dalles portées : épaisseur, ferrailage,
  - mise en place de 3 plots en sous face de poutre pour essais de traction directe (essais SATEC).

### 3 - LOCALISATION DES INVESTIGATIONS SUR SITE

La figure 1 présente la localisation des zones d'études reportées sur l'extrait de plan du bâtiment issu du document « Avis structure état des poutres suite incendie dans le garage » du 9 février 2024 établi par la société BETM. Les investigations ont été réalisées sur les poutres dénommées P0, P1 et P2 (encadrés vert) ainsi qu'en sous face de dalle entre P0 et P1 (encadré bleu). De plus, certaines investigations (radar + fenêtres mécaniques sur P2, P3 et P4) réalisées en mai 2024 sont également représentées car elles ont permis de déterminer le principe de ferrailage des poutres (encadrés orange).



Fig. 1 : Vue en plan du bâtiment

Pour chaque zone, les essais réalisés sont synthétisés dans le tableau 1.

Zone	Reconnaissance ferrailage	Ouverture sur armature	Mesure de profondeur de carbonatation	Essai SATEC
Poutre 0 – About Zone saine	X	S1 et S2	X	/
Poutre 1 – Mi travée Zone saine	X	S3 et S4	/	/
Poutre 2 – Partie courante Zone dégradée	/	/	/	X
Dalle – Entre P0 et P1 Zone saine	X	S5	/	/
Poutre 2 – Partie courante Zone dégradée	X	FM1		
Poutre 3 – About Zone dégradée	X			
Poutre 4 – Partie courante Zone saine	X	FM2		

Tableau 1 : Synthèse des essais sur site réalisés lors des 2 interventions

## 4 - RESULTATS DES INVESTIGATIONS SUR SITE

### 4.1 Statistiques d'enrobage

Les résultats des mesures d'enrobage réalisées par auscultation radar sont présentés sous forme d'histogrammes de répartition par classe d'enrobage de 5 mm sur les Figures 2 à 4.

Ces mesures ont concerné les zones et armatures suivantes :

- les cadres du bloc d'ancrage de la poutre P0,
- les cadres de l'âme de la poutre P1,
- les armatures longitudinales des dalles.

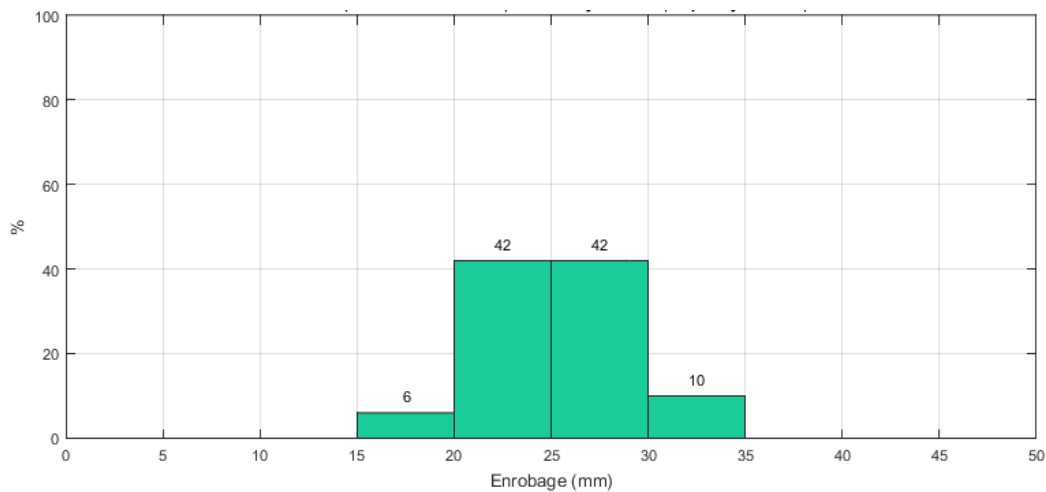


Fig. 2 : Enrobage des cadres du bloc d'about de la poutre P0 – Zone saine

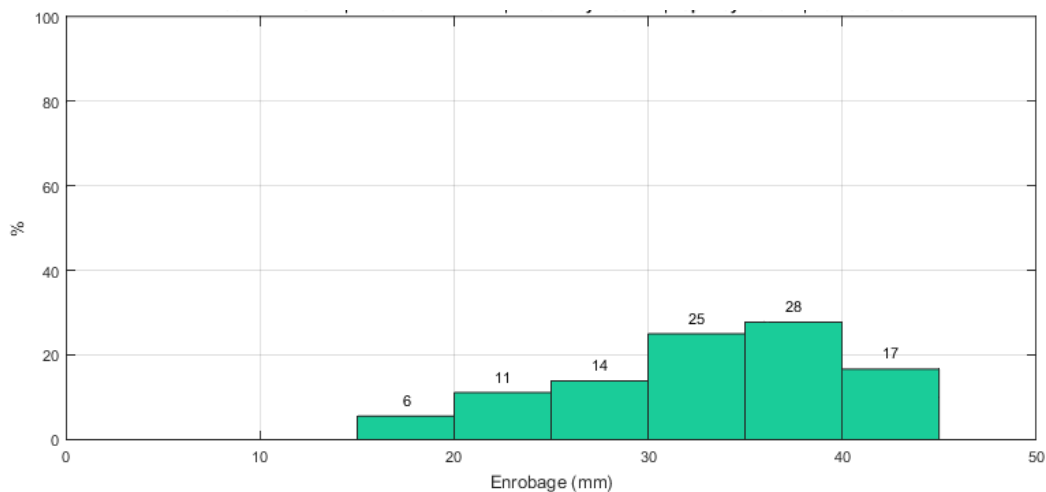


Fig. 3 : Enrobage des cadres de l'âme de la poutre P1 – Zone saine

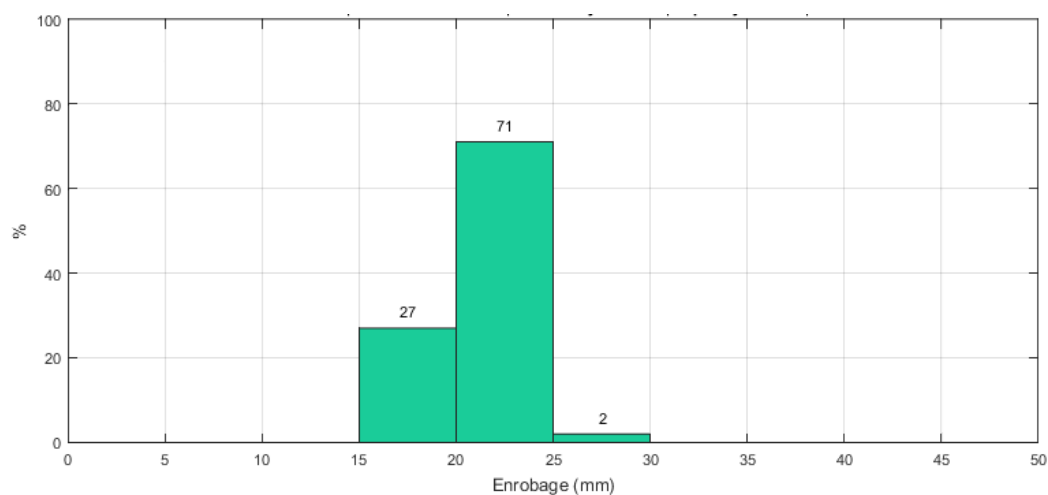


Fig. 4 : Enrobage des armatures longitudinales de la dalle – Zone saine

Ces résultats sont synthétisés dans le tableau 2.

Zone		Enrobage min. (mm)	Enrobage max. (mm)	Enrobage moyen (mm)
Poutre 0 Zone saine	Bloc d'ancrage	19	31	25
Poutre 1 Zone saine	Ame	18	44	33
Dalle Zone saine	Sous-face	17	28	21

Tableau 2 : Synthèse des résultats des mesures d'enrobage

## 4.2 Reconnaissance de ferrailage des poutres

Les différents sondages et ouvertures réalisés lors des 2 phases (en about, en partie courante et à mi-travée des différentes poutres) ont été positionnés et regroupés sur la figure 5.



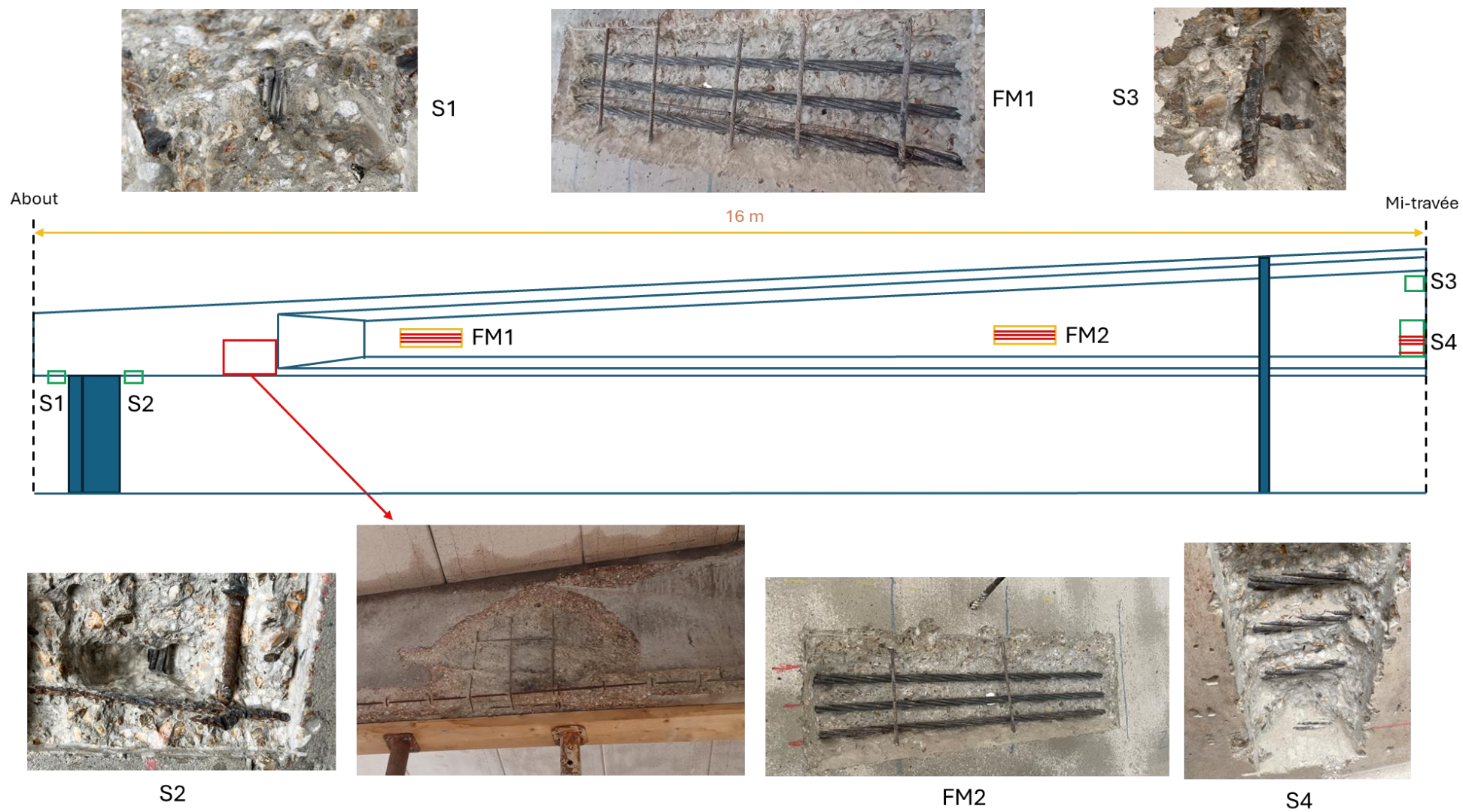


Fig. 5 : Illustration des sondages et ouvertures réalisés sur les poutres



Les constats effectués lors de la réalisation de ces investigations sont synthétisés dans le tableau 3.

Sondage	Poutre	Localisation	Constats
S1	Poutre P0 Zone saine	About extérieur Sous face	2 filants HA8 / Enrobage 32 mm / Corrosion superficielle 1 toron T1 5/ Enrobage 70 mm / Bon état Toron non gainé
S2	Poutre P0 Zone saine	About intérieur Sous face	1 cadre HA6 / Enrobage 20 mm / Corrosion superficielle 1 filant HA8 / Enrobage 22 mm / Corrosion superficielle 1 toron T15 / Enrobage 57 mm / Bon état Toron non gainé
FM1	Poutre P2 Zone incendiée	Partie courante Début de section en I Face Est	5 cadres HA6 / Enrobage entre 10 et 25 mm / Corrosion superficielle 1 filant HA6 / Enrobage 30 mm / Bon état 3 torons T15 / Enrobage entre 40 et 45 mm / Bon état
FM2	Poutre P4 Zone saine	Partie courante Face Est	2 cadres HA6 / Enrobage 25 mm / Corrosion superficielle 3 torons T15 / Enrobage entre 30 et 40 mm / Bon état
S3	Poutre P1 Zone saine	Mi-travée Face Ouest	1 cadre HA6 / Enrobage 10 mm / Corrosion superficielle 1 filant HA8 / Enrobage 20 mm / Corrosion superficielle
S4	Poutre P1 Zone saine	Mi-travée Face Ouest	4 torons T15 / Enrobage 45 mm / Bon état

Tableau 3 : Synthèse des résultats des sondages et ouvertures réalisés lors des deux interventions

Les mesures radar corrélées aux constants présentés dans le tableau 3 ont permis de déterminer différentes coupes types le long des poutres. A savoir une coupe type en about (Figure 6), une coupe type en partie courante, à environ 5 m de l'about (Figure 7) et une coupe type à mi travée (Figure 8).

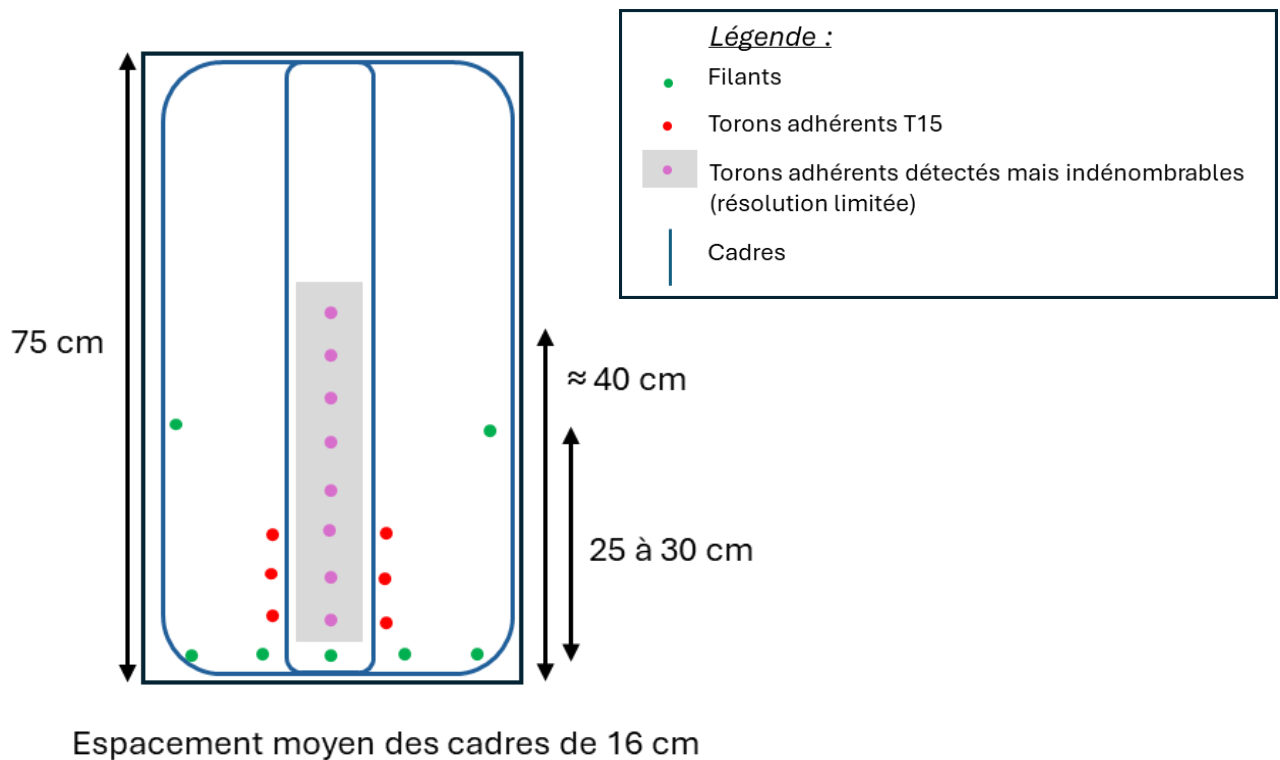
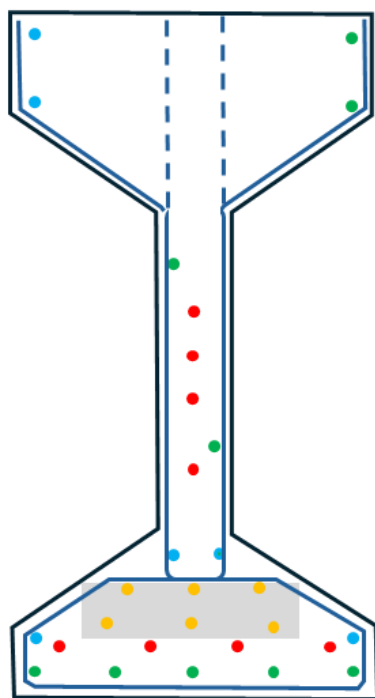


Fig. 6 : Coupe schématique du principe de ferrailage des poutres en about



Espacement des cadres et hauteur variable

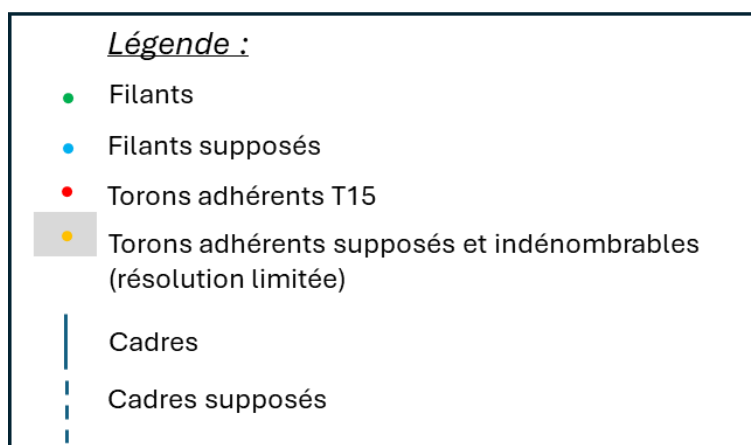
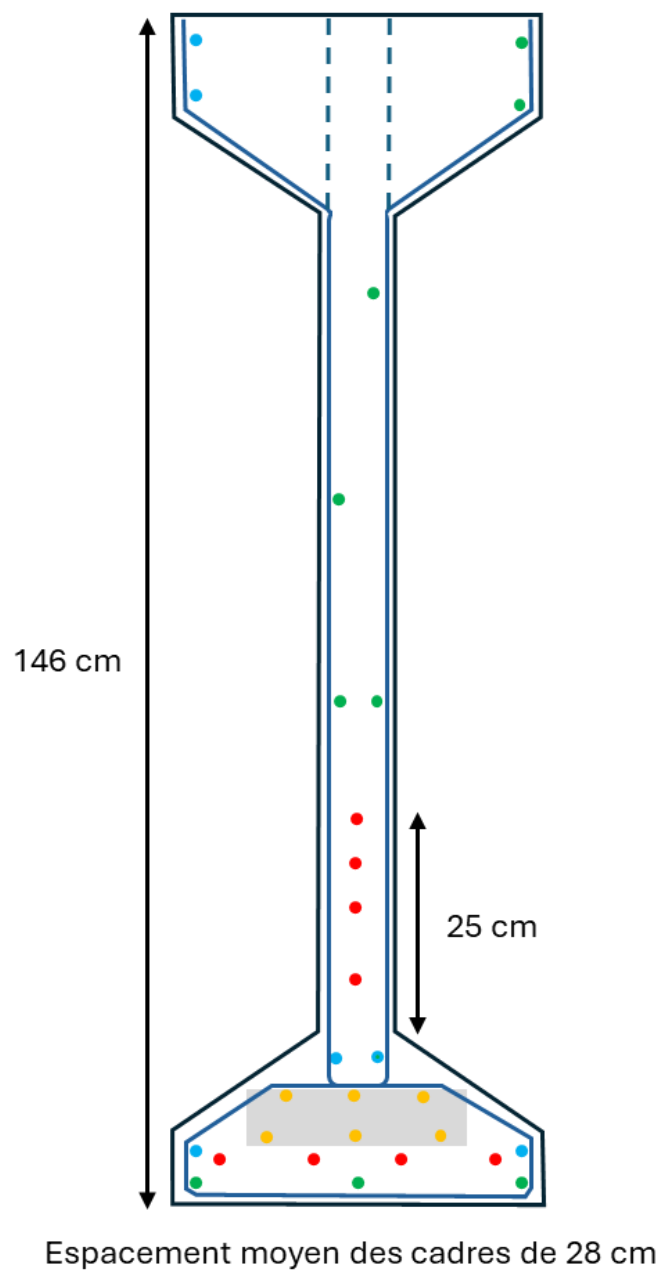


Fig. 7 : Coupe schématique du principe de ferrailage des poutres en partie courante



Légende :

- Filants
- Filants supposés
- Torons adhérents T15
- Torons adhérents supposés et indénombrables (résolution limitée)
- Cadres
- - - Cadres supposés

Fig. 8 : Coupe schématique du principe de ferrailage des poutres à mi-travée

A noter : La densité de ferrailage et la complexité géométrique des poutres limitent la détection radar dans certaines zones, notamment à cœur des talons. De ce fait, le dénombrement des aciers dans ces zones est donné à minima et à titre indicatif. De plus, certaines armatures restent supposées mais non confirmées (limite de détection intrinsèque à la méthode radar dans ce contexte, liée à la profondeur, à l'espacement des armatures et à la géométrie de la structure).

L'espacement des cadres diffère sur la longueur de la poutre.

Les espacements mesurés sont reportés sur la Figure 9.

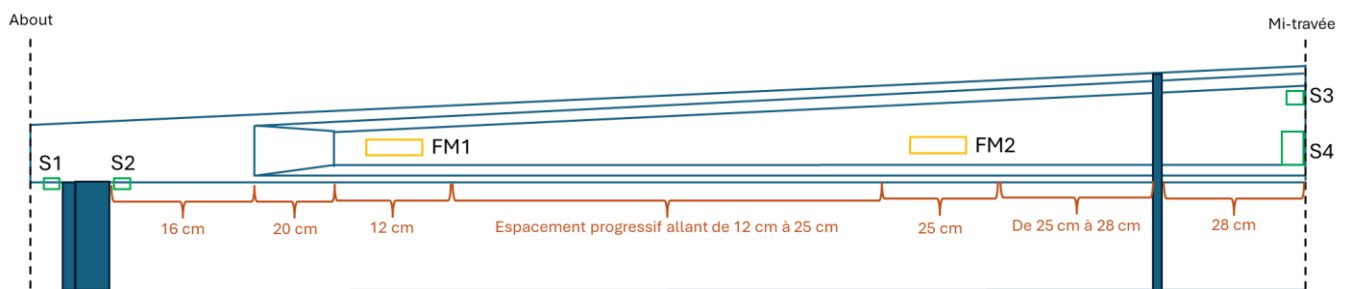


Fig. 9 : Espacements moyens des cadres sur la demi-longueur des poutres

### 4.3 Caractéristiques des dalles portées

Les investigations menées par le LERM (radar, percement traversant et observation depuis un échafaudage positionné en façade) ont permis de confirmer que les dalles portées sont en béton cellulaire (Siporex) armé et non en béton armé. Ces dalles supportent directement l'étanchéité.

Le schéma de principe de ce complexe est proposé en Figure 10. Il est également illustré par les photographies de la face supérieure (Figure 11) et inférieure de la dalle (Figure 12).

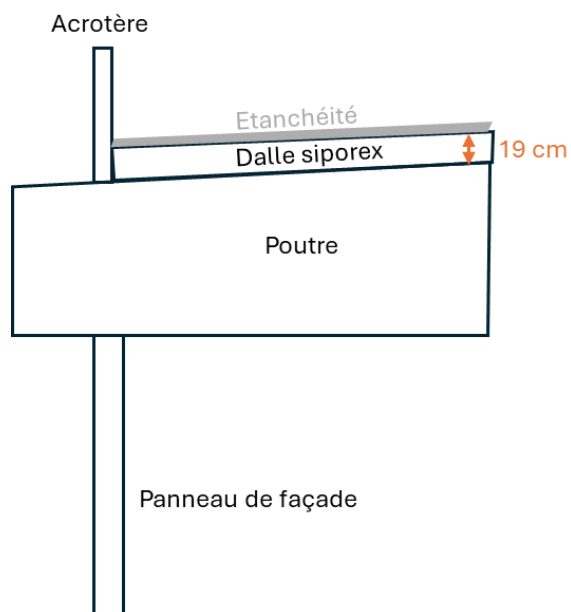


Fig. 110 : Schéma de principe de la dalle portée

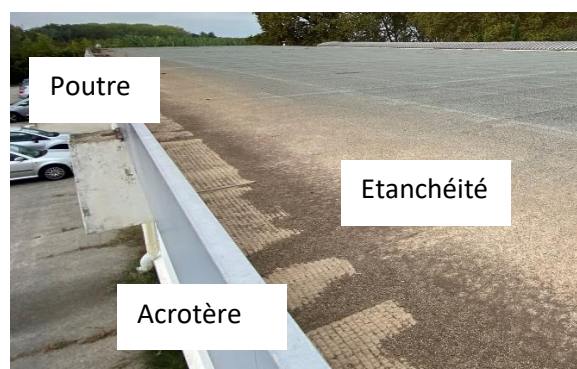


Fig. 101 : Vue générale de la face supérieure de la dalle portée

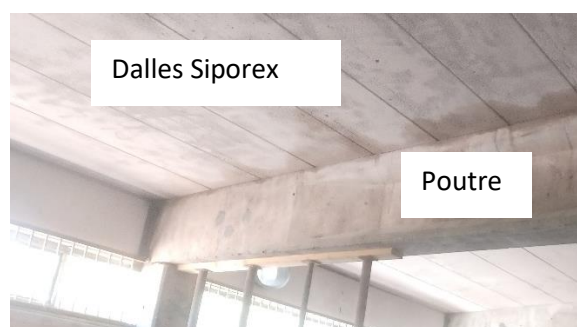


Fig. 12 : Vue générale de la face inférieure de la dalle portée

Les constats effectués au droit du sondage S5, réalisé entre les poutres P0 et P1, sont décrits dans le tableau 4.

Sondage	Localisation	Constats	Illustration
S5	Sous face de dalle Entre P0 et P1 Zone saine	2 aciers longitudinaux RL10 / Enrobage 18 mm / Bon état 1 armature transversale RL6 / Enrobage 28 mm / Bon état	

Tableau 4 : Description de l'ouverture réalisée sur les armatures de la dalle portée (entre les poutres P0 et P1)

La coupe type des dalles portées est par ailleurs fournis en Figure 13.

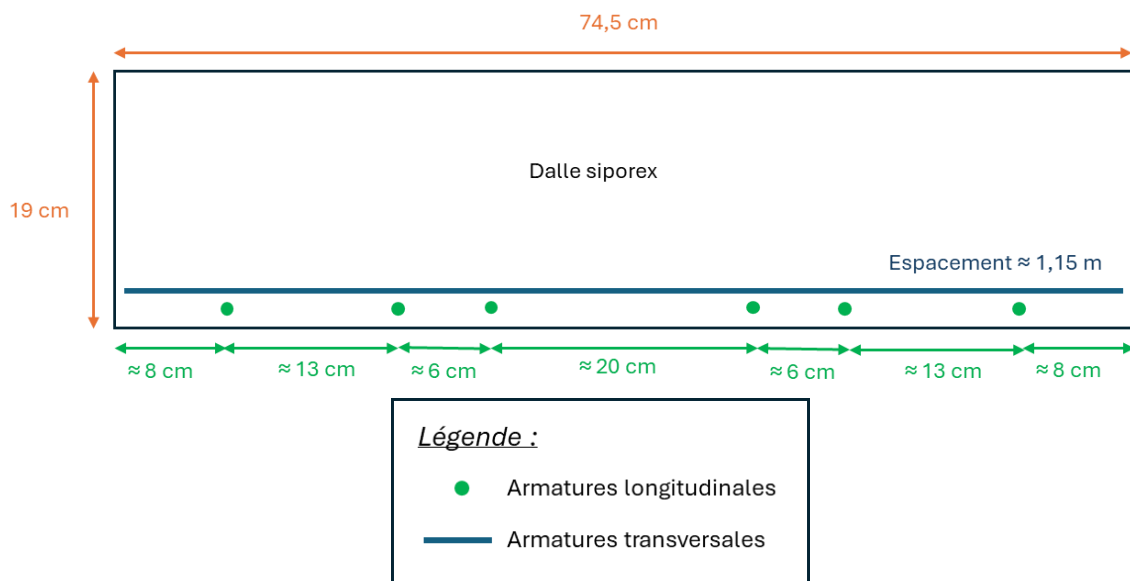


Fig. 13 : Coupe schématique du principe de ferrailage des dalles portées

#### 4.4 Mesure de la profondeur de carbonatation

La profondeur de carbonatation a été mesurée par le test à la thymolphthaléine *in situ* sur les ouvertures réalisées sur la poutre P0 depuis le parement en sous-face de poutre. Cet indicateur de pH permet de différencier la zone carbonatée et/ou lixiviée (incolore pour un  $\text{pH} < 9$ ) de la zone non carbonatée (coloration violette pour un  $\text{pH} > 9$ ). Les résultats obtenus, mesurés par rapport à la surface de du parement, sont reportés dans le Tableau 5.

REF LERM	Profondeur de carbonatation mesurée	Illustration
<b>S1</b> Poutre P0 Zone saine About extérieur Sous face	0 à 17 mm	
<b>S2</b> Poutre P0 Zone saine About intérieur Sous face	0 à 20 mm	

Tableau 5 : Résultats des mesures de profondeur de carbonatation



#### 4.5 Essais d'adhérence par traction directe

Une zone dégradée en sous-face de la poutre P2 a fait l'objet d'essais d'adhérence par traction directe, directement réalisés sur le béton par l'intermédiaire de la pose de 4 plots.

Le déroulé de l'essai est présenté ci-après :

- Circonscription de la zone d'essai par carottage diamanté de 50 mm de diamètre, à une profondeur de  $20 \pm 5$  mm dans le support béton.
- Nettoyage de la zone d'essai avec brossage, aspiration et assèchement.
- Encollage, à la résine époxydique, des têtes de traction.
- Au terme du délai maximal de prise de la colle, traction directe sur la surface du revêtement à l'aide d'un dynamomètre à capteur de force électronique.

Une illustration de la zone de réalisation des essais est présentée sur la figure 14.



Fig. 14 : Illustration des différentes étapes de l'essai d'adhérence

Les résultats des résistances en traction ainsi que l'illustration du type de rupture sont respectivement présentés dans le tableau 6 et en Figure 15.

Réf pastilles	1.1	1.2	1.3	1.4
Type de rupture	Rupture adhésive 100 %	Rupture adhésive 100 %	Rupture adhésive 100 %	Rupture adhésive 100 %
Cohésion superficielle (MPa)	1,05	1,34	1,79	1,32

Tableau 6 : Résultats des essais de traction directe en sous face de la poutre P2 – Poutre dégradée





Fig. 15 : Illustration du mode de rupture des pastilles de la zone en sous face de la poutre P2

## 5 - SYNTHESE

L'étude réalisée par le LERM entre septembre et octobre 2024, dans le but d'effectuer le diagnostic incendie complémentaire de certaines des poutres du BSI des Douanes localisé à Nîmes (30), a permis de dégager les points essentiels suivants :

### En ce qui concerne les dalles portées :

- Les dalles portées sont en béton cellulaire armé et mesurent 19 cm d'épaisseur,
- Les armatures longitudinales sont des RL10, elles sont au nombre de 6 sur la largeur des dalles et leurs enrobage moyen est de 21 mm depuis la sous-face,
- Les armatures transversales sont des RL6 espacés d'environ 1,15 m.

### En ce qui concerne les poutres :

- La profondeur de carbonatation mesurée au droit des 2 ouvertures situées en sous-face de la poutre P0 est comprise entre 0 et 20 mm,
- Les essais d'adhérence réalisés en sous-face de la poutre P2 (zone dégradée) indiquent que toutes les ruptures sont adhésives et présentent une résistance moyenne à la traction de 1,38 MPa,
- Les enrobages moyens mesurés sur le bloc d'ancrage de la poutre P0 et à mi-travée en âme de la poutre P1, sont respectivement de 25 mm et 33 mm,
- Les reconnaissances de ferrailage ont essentiellement permis de mettre en évidence :
  - L'absence de gainage des torons,
  - Que sur les 12 torons dégagés, tous correspondent à des torons T15 et sont essentiellement positionnés dans la moitié basse de la poutre,

Les coupes types du principe de ferrailage des poutres sont présentées en Figures 6,7 et 8.

**Sophie DECOSTER***Ingénieure attachée d'études - Agence d'Arles*

SOPHIE DECOSTER

**Olivier ANTERRIEU***Ingénieur chargé d'études confirmé - Agence d'Arles*

O. Anterrieu

Essais sur site réalisés par S. DECOSTER, M. ARISS et J. DEGARDIN

*La reproduction intégrale de ce rapport sans modification d'aucune sorte est seule autorisée.*

*Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle des échantillons et ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée.*

**Siège Social et laboratoires**

23 rue de la Madeleine  
CS 60136  
13631 ARLES CEDEX  
FRANCE

Tél +33 4 86 52 65 00  
Fax +33 4 90 96 25 27  
[lerm.contact@setec.com](mailto:lerm.contact@setec.com)

**Agence de Paris**

Immeuble Central Seine  
42 - 52 quai de la Rapée  
CS 71230  
75583 PARIS CEDEX 12  
FRANCE

Tél +33 1 82 51 41 00  
Fax +33 4 90 96 25 27

**Agence de Lyon**

679, rue Le Chatelier  
Lot N° 66  
38090 VAULX-MILIEU  
FRANCE

Tél +33 4 86 52 65 00  
Fax +33 4 90 96 25 27

**Agence de Rennes**

4 avenue Charles Tillon  
35000 RENNES  
FRANCE

Tél +33 2 99 45 46 05  
Fax +33 4 90 96 25 27

**Agence de Toulouse**

Bâtiment Les Oliviers  
445, L'Occitane  
31670 LABEGE  
FRANCE

Tél +33 5 61 72 28 09  
Fax +33 4 90 96 25 27

