



**PRÉFET
DE LA GIRONDE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Maîtrise d'ouvrage

**Direction interdépartementale des routes
Atlantique**

Mission Maîtrise d'Ouvrage
Cité administrative
2 rue Jules ferry
33090 BORDEAUX cedex

A630
**Travaux de vérinage et réhabilitation
du PS de Mireport à Lormont**

Dossier de consultation des entreprises

2.2.3 Investigations ferrailage

Maîtrise d'œuvre Direction interdépartementale des routes Atlantique Service d'Ingénierie Routière Cité administrative 2 rue Jules ferry 33090 BORDEAUX cedex	établi par : le chef de projet Bordeaux, le Thierry SAEZ	vérifié par : le Chef du SIR Bordeaux, le Mathias RACHET
--	---	---

RAPPORT D'ÉTUDE

Direction Diagnostic et Durabilité des Structures

Pont de Mireport – Lormont (33)

Reconnaissances structurelles

RAPPORT N° 54580.001.01.B

LABEGE, LE 6 JUILLET 2023



REFERENCES DE L'ETUDE

<i>Référence du document</i>	54580.001.01.B
<i>Nombre de pages</i>	35
<i>Nombre d'annexes</i>	-
<i>Référence de la proposition Lerm</i>	PE007879
<i>Client</i>	DIR ATLANTIQUE
<i>Numéro de commande</i>	1511927418

REALISATION

<i>Agence Lerm</i>	Agence de Toulouse Bâtiment les Oliviers - 445 l'Occitane 31670 Labège
<i>Votre correspondant</i>	Loïc WEGENER
<i>email</i>	loic.wegener@setec.com
<i>Téléphone</i>	06 98 02 53 08

REVISION DU DOCUMENT

Indice	Date	Nature des modifications
A	15/06/2023	Création du document
B	06/07/2023	Intégration des résultats du laboratoire
C		

VALIDATION DU DOCUMENT

Indice	Rédaction	Vérification et approbation
A	Loïc Wegener <i>Ingénieur d'études</i>	Jérémie Dejean <i>Ingénieur d'études</i>
B		
C		

DIFFUSION DU DOCUMENT

Destinataire	Format du document
DIR ATLANTIQUE 19 allée des Pins, 33073 Bordeaux thierry.saez@developpement-durable.gouv.fr	pdf
Lerm - Agence de Toulouse Bâtiment les Oliviers – 445 l'Occitane - 31670 Labège jeremie.dejean@setec.com loic.wegener@setec.com	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

1 -	OBJET DU RAPPORT	4
2 -	PRESENTATION DE L'OUVRAGE	4
	2.1 Identification de l'ouvrage	4
	2.2 Caractéristiques principales	5
3 -	PROGRAMME DE LA MISSION	6
4 -	IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES	7
5 -	RESULTATS DES RECONNAISSANCES	8
	5.1 Ferrailage des poutres	8
	5.1.1 Reconnaissances non destructives au Ferroskan	8
	5.1.2 Reconnaissances non destructives par maille au Ferroskan	11
	5.1.3 Auscultation des abouts de poutres au radar	14
	5.1.4 Reconnaissances des espacements de cadres à proximité des appuis	16
	5.1.5 Reconnaissances destructives du ferrailage des poutres	16
	5.1.5.1 Poutre Pt05 – Travée 3	16
	5.1.5.2 Poutre Pt02 - Travée 3	17
	5.1.5.3 Poutre Pt01 - Travée 3	18
	5.1.5.4 Poutre Pt05 - Travée 4	19
	5.1.6 Synthèse des reconnaissances de ferrailage sur les poutres	20
	5.1.6.1 Travées de rive	20
	5.1.6.2 Travées intermédiaires	21
	5.2 Ferrailage des chevêtres de piles	21
	5.2.1 Dossier d'ouvrage	21
	5.2.2 Résultats des reconnaissances	22
	5.2.2.1 Pile P2	22
	5.2.2.2 Pile P3	25
6 -	RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE	27
	6.1 Description des échantillons	27
	6.1 Caractéristiques mécaniques du béton	29
	6.2 Profondeur de carbonatation du béton	29
	6.3 Mesures des teneurs en chlorures libres et du pH	32
7 -	CONCLUSION	33

1 - OBJET DU RAPPORT

Dans le cadre d'un projet de vérification de la capacité portante du pont de Mireport à Lormont (33), des investigations ont été demandées par la DIR ATLANTIQUE. Ces investigations ont pour but de caractériser le ferrailage des poutres et des piles de l'ouvrage, par la réalisation de reconnaissances destructives et non destructives, afin de recueillir les données d'entrée nécessaires au recalcul.

2 - PRESENTATION DE L'OUVRAGE

2.1 Identification de l'ouvrage

Nom de l'ouvrage	: Pont de Mireport
Identification de l'ouvrage	: 3301124
Période de construction	: 1961
Concepteur	: N.C.
Entreprise	: N.C.
Maître d'ouvrage	: DIR Atlantique
Commune	: Lormont
Voie portée	: Rue André Dupin (voie communale)
Voie franchie	: A630

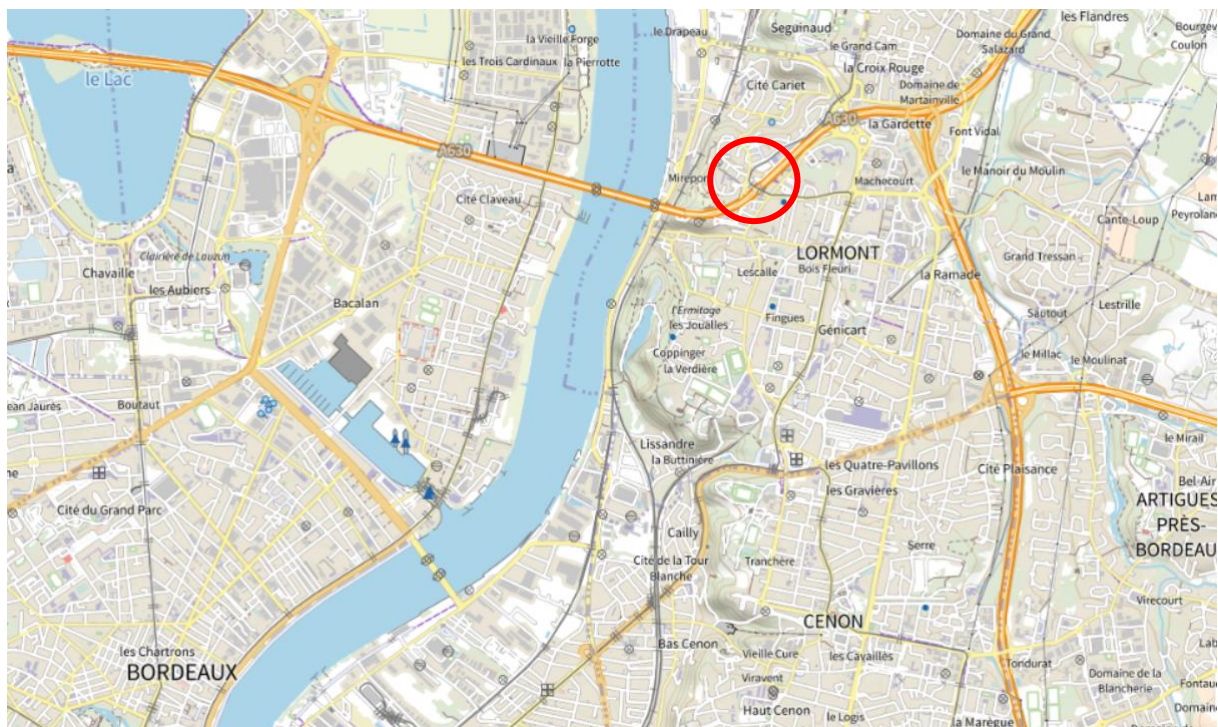


Fig. 1 : Localisation de l'ouvrage

2.2 Caractéristiques principales

Type de structure	: Pont à poutres isostatiques en béton armé
Nombre de travées	: 4
Portées	: 10,50 m / 2 x 16,50 m / 10,50 m
Longueur totale	: 55,82 m
Nombre de tablier	: 1
Largeur hors tout	: 12,35 m
Largeur de chaussée	: 7 m
Nombre de voies de circulation	: 2 x 1 voie
Culées	: Béton armé
Piles	: Béton armé
Dispositif de retenue	: Barrière métallique

Le pont de Mireport, situé à Lormont et permettant à la rue André Dupin de franchir l'A630, est un pont en béton armé de 4 travées indépendantes, pour une longueur totale de 55,82 m.

Le tablier en béton armé est supporté par 5 poutres de 87 cm hauteur pour 56 cm de large entretoisées (2 à 3 entretoises selon la travée).

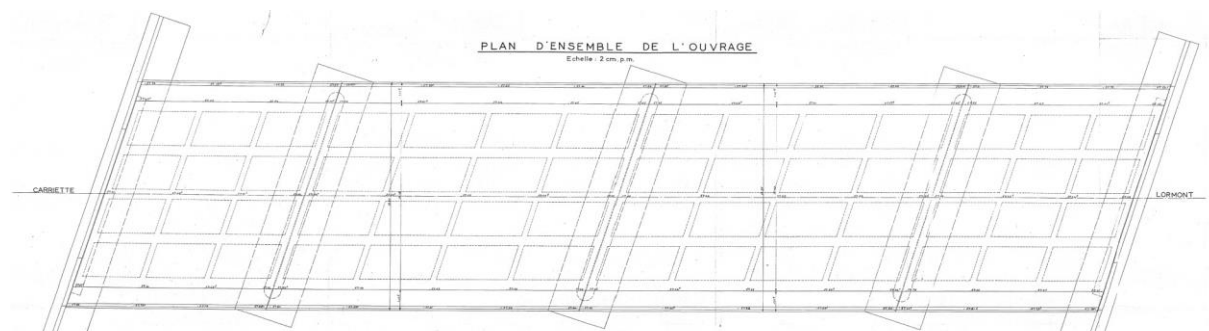


Fig. 2 : Plan d'ensemble de l'ouvrage

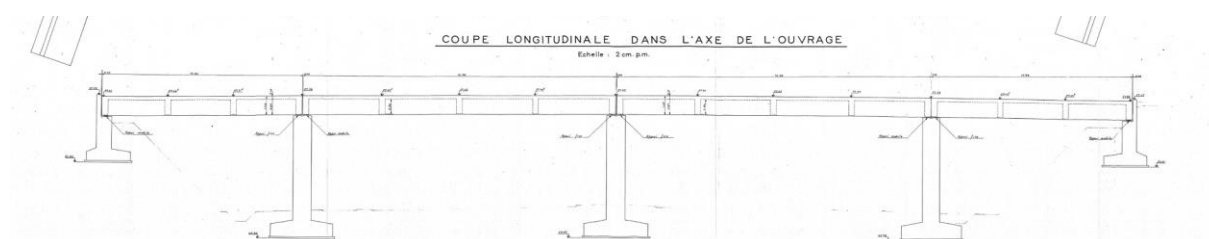


Fig. 3 : Elévation de l'ouvrage

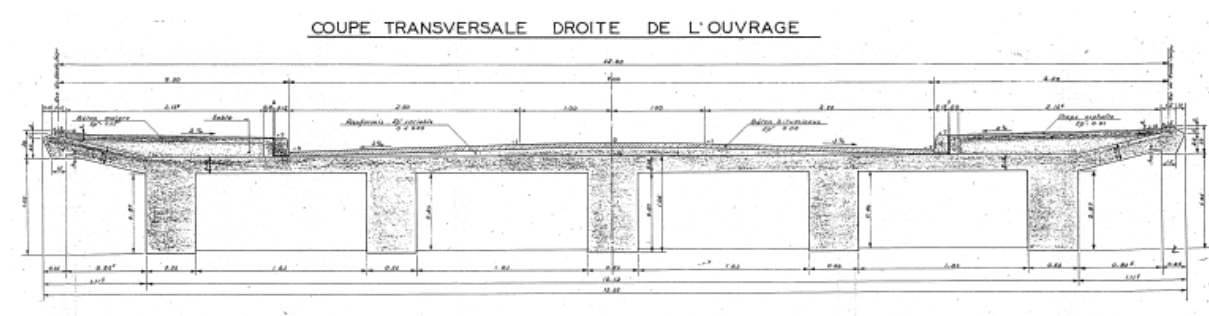


Fig. 4 : Coupe transversale de l'ouvrage



Fig. 5 : Vue générale de l'ouvrage

3 - PROGRAMME DE LA MISSION

L'intervention sur site a été réalisée les nuits du mercredi 24 et jeudi 25 mai, par une équipe composée de 4 personnels du LERM.

L'objectif des investigations est de caractériser le ferrailage mis en œuvre dans les poutres et les chevêtres de pile, ainsi que l'état physico-chimique du béton. Il a été ainsi réalisé les investigations suivantes :

- réalisation de reconnaissances non destructives au pachomètre et au radar, afin de déterminer la position, l'enrobage et la densité des armatures,
- réalisation de reconnaissances destructives au burineur, afin de déterminer le type et le diamètre des armatures,
- réalisation de prélèvements de béton par carottage sur les piles, afin de réaliser des analyses en laboratoire :
 - détermination de la résistance en compression du béton,
 - détermination de la profondeur de carbonatation du béton,
 - détermination de la teneur en chlorures,
 - détermination du pH.

4 - IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES

La figure suivante présente la localisation des différentes reconnaissances effectuées.

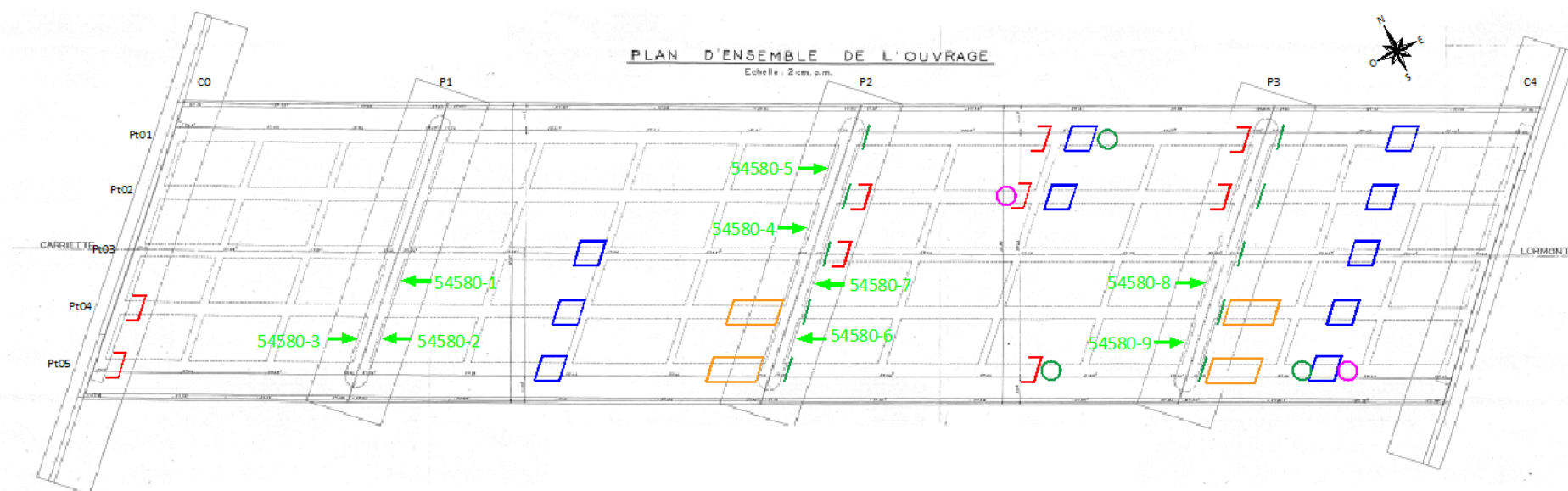



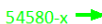




Fig. 6 : Localisation des investigations

Légende :

-  Ferrosan en périphérie de la poutre
-  Matrice Ferrosan 60 x 60 cm en âme et en sous-face de la poutre
-  Auscultation radar en about de poutre
-  54580-x → Carottage en tête de pile
-  Sondage destructif en âme de poutre
-  Sondage destructif en sous-face de poutre

5 - RESULTATS DES RECONNAISSANCES

5.1 Ferrailage des poutres

5.1.1 Reconnaissances non destructives au Ferroskan

Les reconnaissances non destructives en périphérie des poutres ont été réalisées au Ferroskan. Il a été ainsi réalisé des profils longitudinaux sur les âmes et la sous-face des poutres.

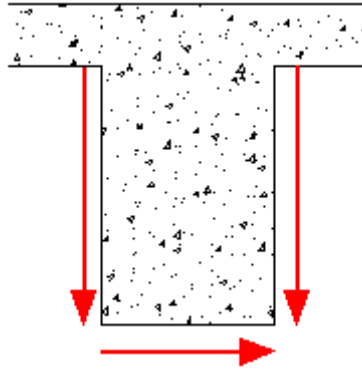


Fig. 7 : Principe d'auscultation au Ferroskan

Les reconnaissances sur les retombées de poutre ont toutes mis en évidence 5 filants horizontaux, sur toutes les travées et sur l'ensemble des poutres auscultées. Les figures suivantes permettent d'illustrer les armatures présentes sur la retombée.

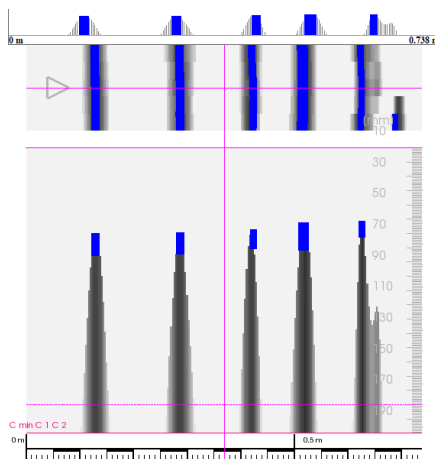


Fig. 8 : Poutre Pt05 – Travée 1 côté C0

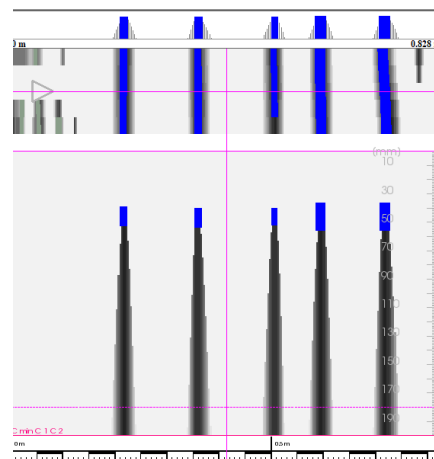


Fig. 9 : Poutre Pt04 – Travée 1 côté C0

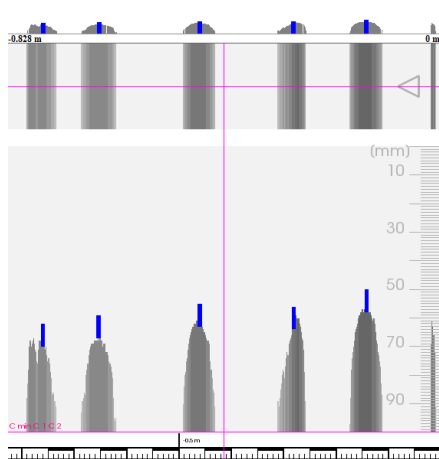


Fig. 10 : Poutre Pt03 – Travée 3 côté P2

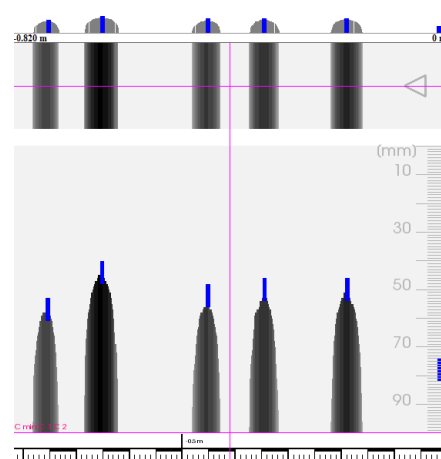


Fig. 11 : Poutre Pt02 – Travée 3 côté P2

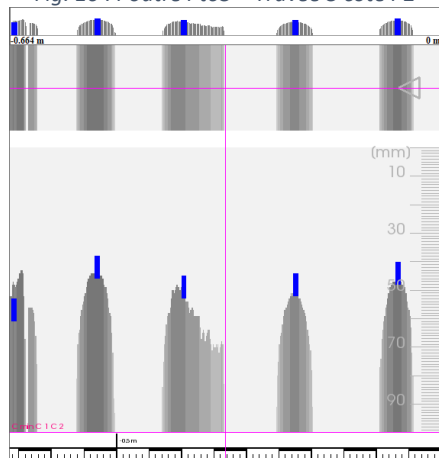


Fig. 12 : Poutre Pt01 – Travée 3 à mi-travée

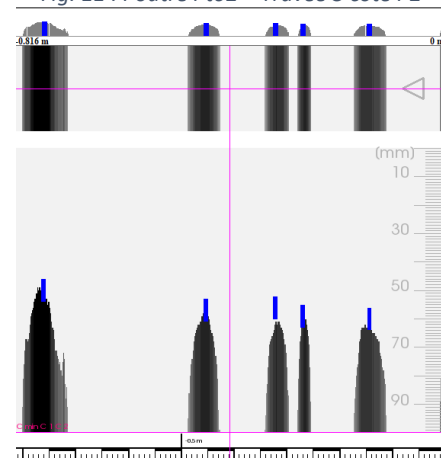


Fig. 13 : Poutre Pt05 – Travée 3 à mi-travée

Concernant les reconnaissances en sous-face des poutres, elles ont permis de mettre en évidence au minimum 6 filants longitudinaux. Une septième armature a pu être confirmée dans certains cas. Les résultats sont illustrés par les figures suivantes.

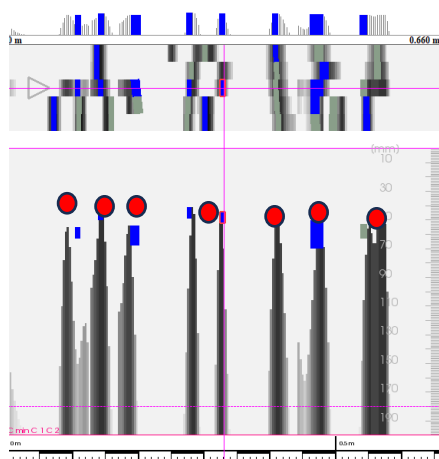


Fig. 14 : Poutre Pt05 – Travée 1 côté C0

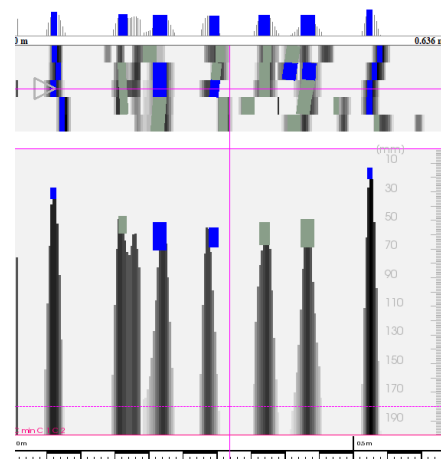


Fig. 15 : Poutre Pt04 – Travée 1 côté C0

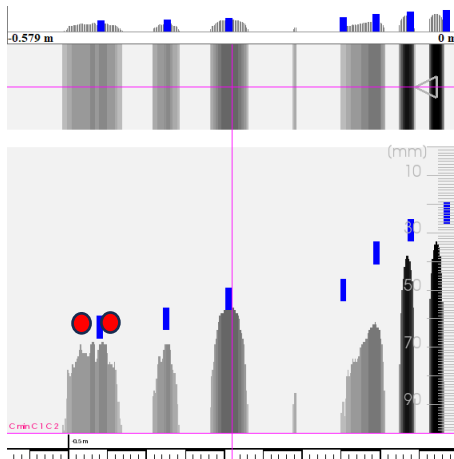


Fig. 16 : Poutre Pt03 – Travée 3 côté P2
7 aciers longitudinaux supposés

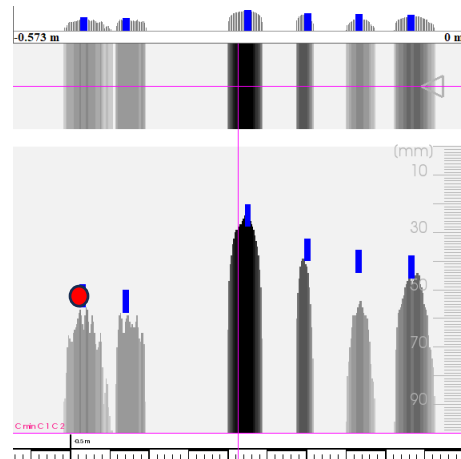


Fig. 17 : Poutre Pt02 – Travée 3 côté P2
6 aciers longitudinaux confirmés minimum

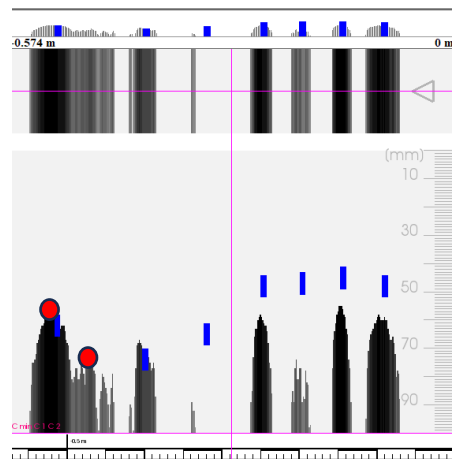


Fig. 18 : Poutre Pt01 – Travée 3 à mi-travée
7 aciers longitudinaux confirmés

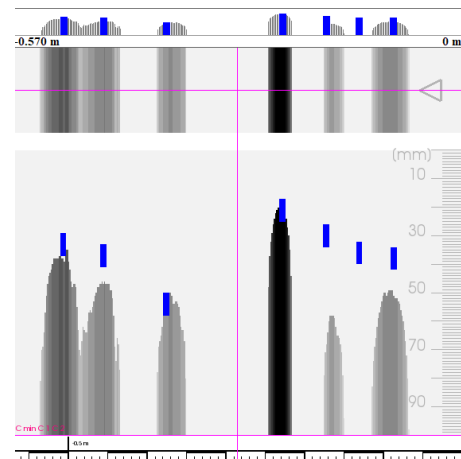


Fig. 19 : Poutre Pt05 – Travée 3 à mi-travée
6 aciers longitudinaux confirmés minimum

5.1.2 Reconnaissances non destructives par maille au Ferroskan

Afin de déterminer le ferrailage des poutres, les profils Ferroskan ont été complétés par un maillage ponctuel 60 x 60 cm. Ce maillage a été réalisé à mi travée des poutres, sur les âmes et en sous-face.



Fig. 20 : Illustration maillage au Ferroskan

La retombée des poutres étant de 840 mm et la trame de 600 mm, tous les aciers longitudinaux n'ont pu être détectés avec certitude. Néanmoins, sur toutes les auscultations, il apparaît au moins 4 aciers filants. Sur certaines, il a pu être confirmé un cinquième acier filant. Les figures suivantes permettent d'illustrer les reconnaissances.

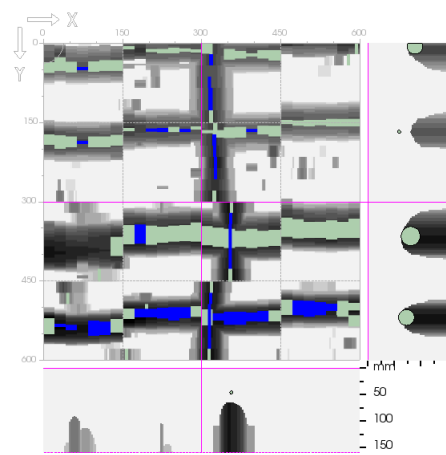


Fig. 21 : Poutre Pt05 – Travée 2 à mi-travée
4 aciers longitudinaux minimum

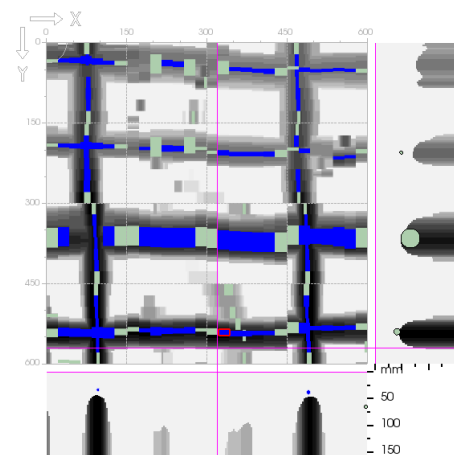


Fig. 22 : Poutre Pt04 – Travée 2 à mi-travée
4 aciers longitudinaux minimum

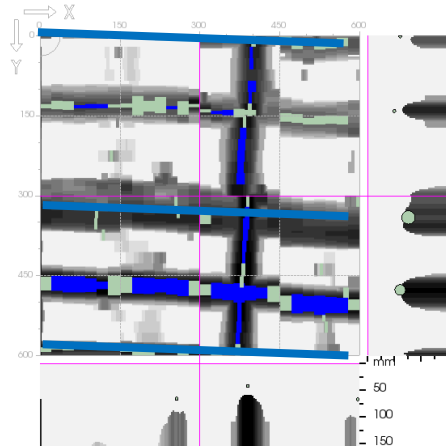


Fig. 23 : Poutre Pt03 – Travée 2 à mi-travée
5 aciers longitudinaux confirmés

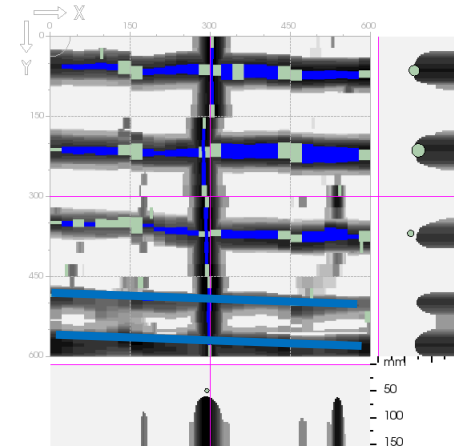


Fig. 24 : Poutre Pt02 – Travée 3 à mi-travée
5 aciers longitudinaux confirmés

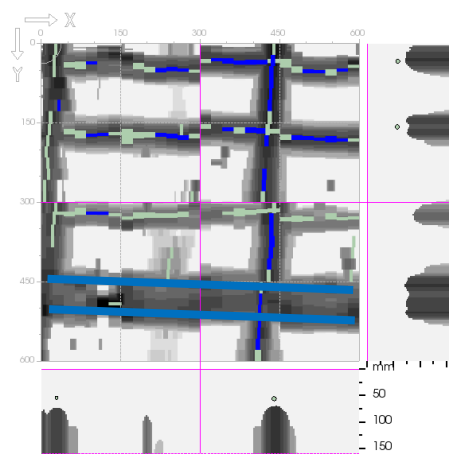


Fig. 25 : Poutre Pt01 – Travée 3 à mi-travée
5 aciers longitudinaux supposés

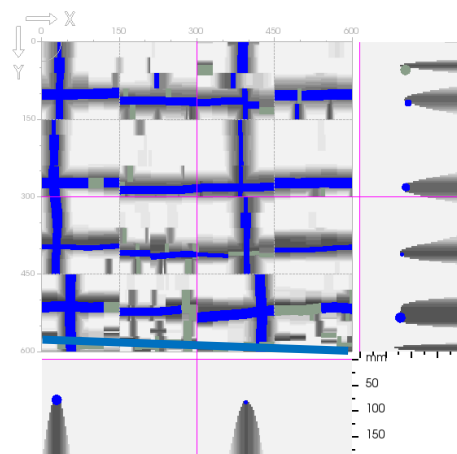


Fig. 26 : Poutre Pt01 – Travée 4 à mi-travée
5 aciers longitudinaux confirmés

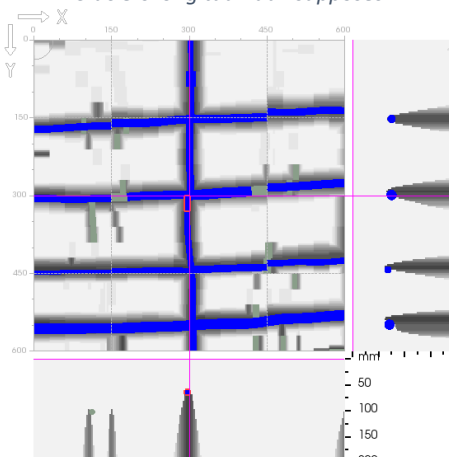


Fig. 27 : Poutre Pt02 – Travée 4 à mi-travée
4 aciers longitudinaux minimum

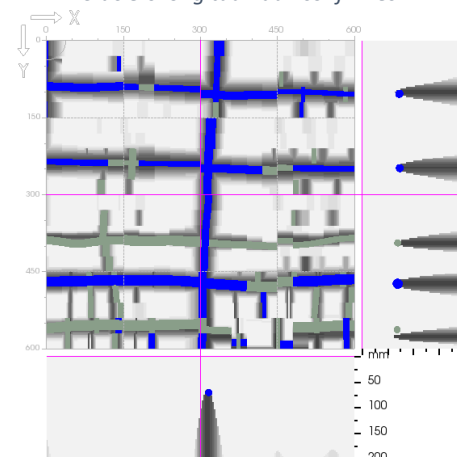


Fig. 28 : Poutre Pt03 – Travée 4 à mi-travée
5 aciers longitudinaux confirmés

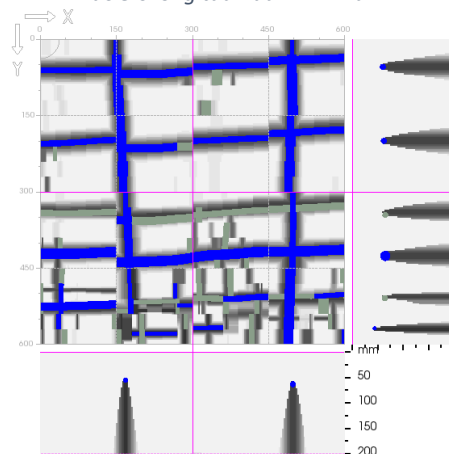


Fig. 29 : Poutre Pt04 – Travée 4 à mi-travée
5 aciers longitudinaux confirmés

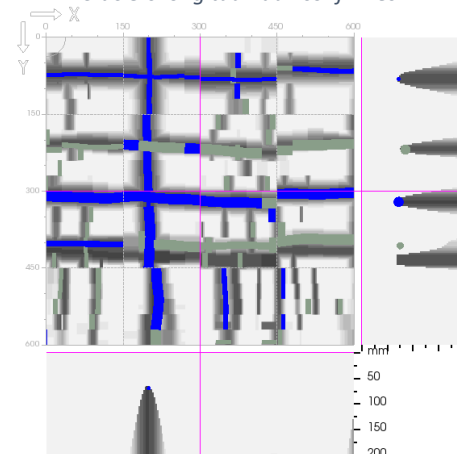


Fig. 30 : Poutre Pt05 – Travée 4 à mi-travée
4 aciers longitudinaux minimum

La largeur des poutres étant inférieure à 60 cm, certaines mailles en sous-face ont été réalisées en 60 x 45 cm. De plus, la densité de ferrailage est relativement dense en sous-face de poutre, certains scans sont peu exploitables. Néanmoins, il a été identifié au minimum 5 armatures filantes, et sur certaines poutres, une sixième, voire une septième armature a été confirmée.

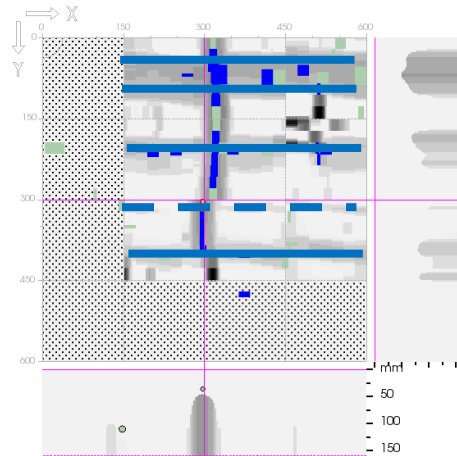


Fig. 31 : Poutre Pt05 – Travée 2 à mi-travée
5 aciers longitudinaux supposés minimum

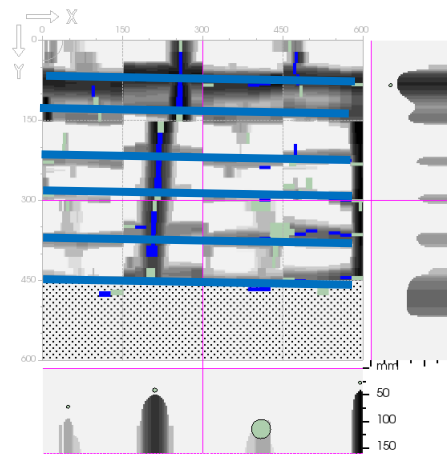


Fig. 32 : Poutre Pt04 – Travée 2 à mi-travée
6 aciers longitudinaux minimum

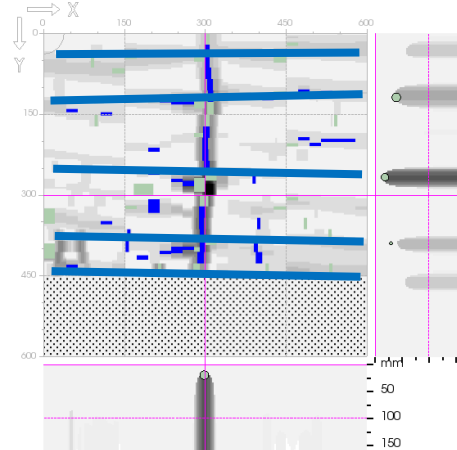


Fig. 33 : Poutre Pt03 – Travée 2 à mi-travée
5 aciers longitudinaux minimum confirmés

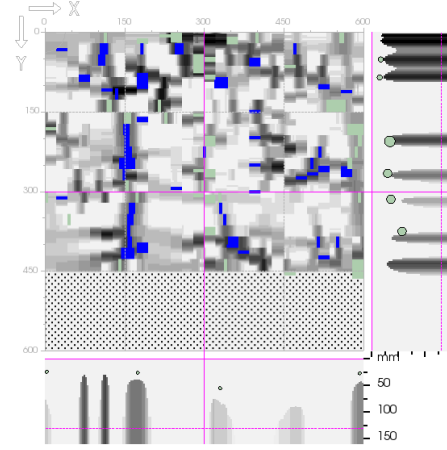


Fig. 34 : Poutre Pt02 – Travée 3 à mi-travée
Inexploitable

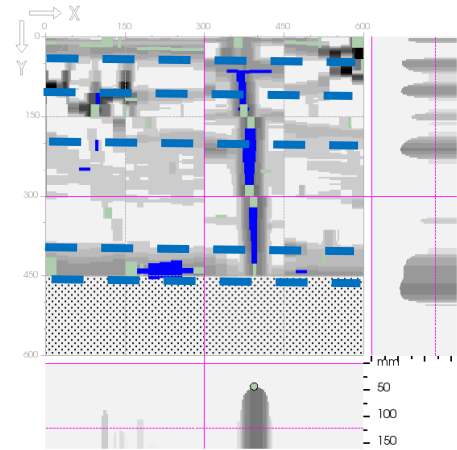


Fig. 35 : Poutre Pt01 – Travée 3 à mi-travée
Difficilement exploitable - 5 aciers longitudinaux supposés

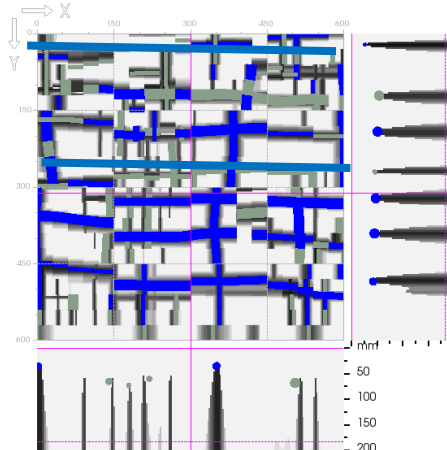


Fig. 36 : Poutre Pt01 – Travée 4 à mi-travée
7 aciers longitudinaux confirmés

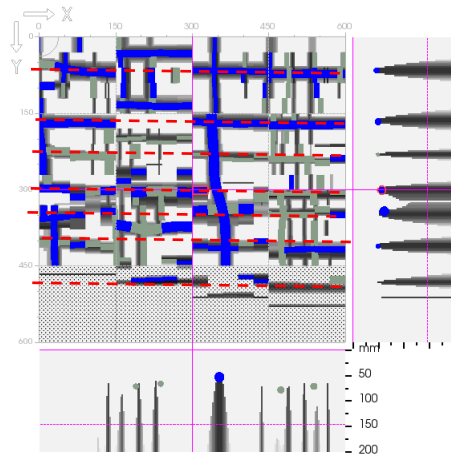


Fig. 37 : Poutre Pt02 – Travée 4 à mi-travée
7 aciers longitudinaux supposés

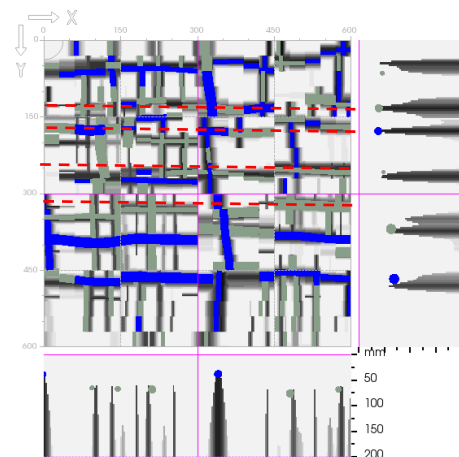


Fig. 38 : Poutre Pt03 – Travée 4 à mi-travée
7 aciers longitudinaux confirmés

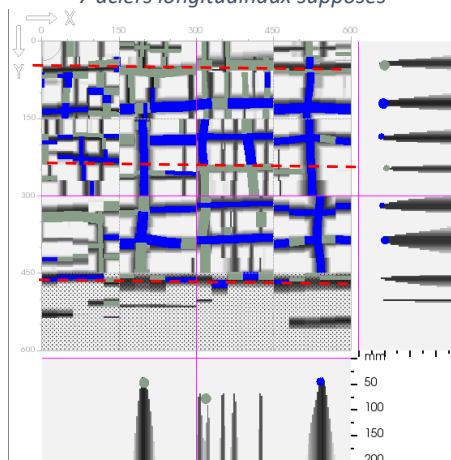


Fig. 39 : Poutre Pt04 – Travée 4 à mi-travée
7 aciers longitudinaux confirmés

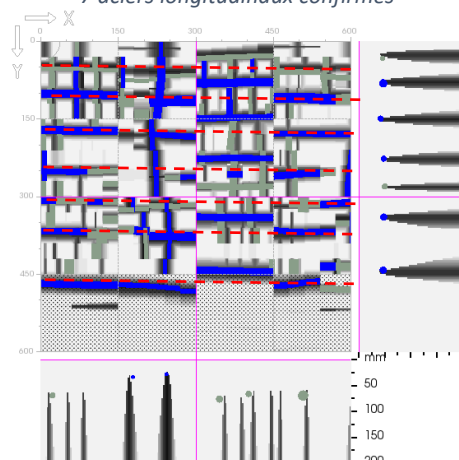


Fig. 40 : Poutre Pt05 – Travée 4 à mi-travée
7 aciers longitudinaux confirmés

5.1.3 Auscultation des abouts de poutres au radar

Les reconnaissances non destructives au Ferroskan ont été complétées par une auscultation des abouts de poutres au radar. Ces auscultations ont pour but de confirmer le nombre de filants et de déterminer s'ils remontent au niveau des appuis. Il convient de rappeler que les poutres sont isostatiques et que, par conséquent, il est peu probable que ces armatures remontent aux abouts de poutres.

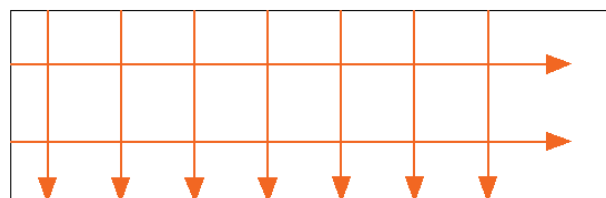


Fig. 41 : Principe d'auscultation radar sur about de poutre

D'après ces reconnaissances, il apparaît que les filants sont tous rectilignes sur l'ensemble des poutres auscultées. Néanmoins, il convient de souligner que le ferrailage des poutres Pt05 et Pt04 diffère entre les travées 2 et 4. Effectivement, il semblerait que le second filant sur la retombée soit plus profond sur la travée 2 que sur la travée 4. Les figures suivantes illustrent ces propos.

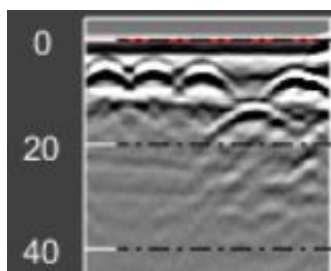


Fig. 42 : Poutre Pt05 – Travée 2 à 50 cm de l'appui
5 filants confirmés, dont le second est plus profond

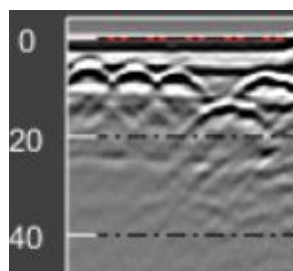


Fig. 43 : Poutre Pt05 – Travée 2 à 2 m de l'appui
5 filants confirmés, dont le second est plus profond

Il apparaît que les filants sont rectilignes et ne remontent pas au niveau de l'appui. Il y a bien 5 filants en âme de poutre Pt05, dont le second est situé plus profond.

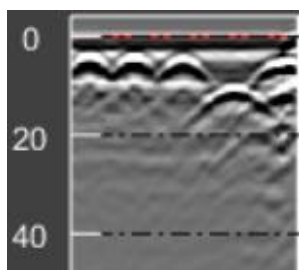


Fig. 44 : Poutre Pt04 – Travée 2 à 50 cm de l'appui
5 filants confirmés, dont le second est plus profond

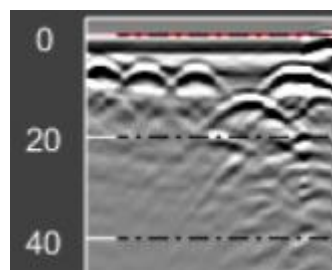


Fig. 45 : Poutre Pt04 – Travée 2 à 2 m de l'appui
5 filants confirmés, dont le second est plus profond

Comme sur la poutre Pt05, il apparaît que les filants sont rectilignes et ne remontent pas au niveau de l'appui. Il y a bien 5 filants en âme de poutre Pt04, dont le second est situé plus profond.

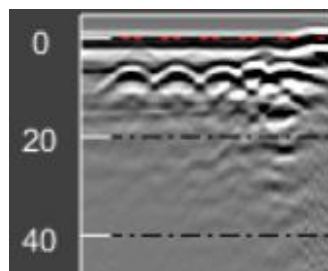


Fig. 46 : Poutre Pt05 – Travée 4 à 50 cm de l'appui
5 filants confirmés

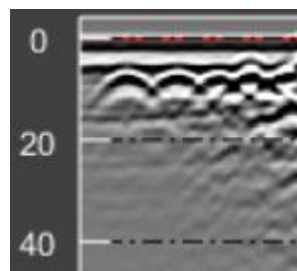


Fig. 47 : Poutre Pt05 – Travée 4 à 2 m de l'appui
5 filants confirmés

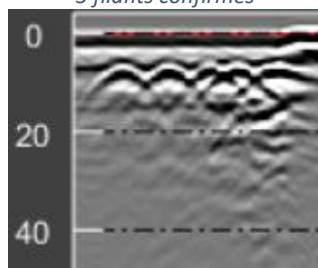


Fig. 48 : Poutre Pt04 – Travée 4 à 50 cm de l'appui
5 filants confirmés

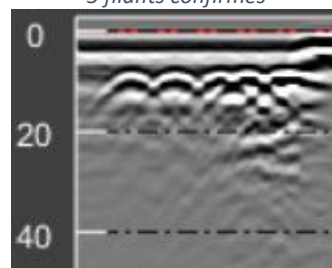


Fig. 49 : Poutre Pt04 – Travée 4 à 2 m de l'appui
5 filants confirmés

En travée 4, il apparaît que les filants sont rectilignes et ne remontent pas au niveau de l'appui. Il y a bien 5 filants, et contrairement à la travée 2, ils sont tous situés sur le même plan.

5.1.4 Reconnaissances des espacements de cadres à proximité des appuis

Les reconnaissances des espacements de cadres à proximité des appuis ont été réalisées par auscultation radar et au Ferroskan, sur 2 m de longueur. Elles ont montré des similitudes entre les poutres par travée. Le tableau suivant synthétise les résultats.

Poutre	Armatures	Espacements
Pt05 – Travée 1	Tor 8	6 x 14 cm, 6 x 20 cm
Pt04 – Travée 1	Tor 8	5 x 14 cm, 6 x 20 cm
Pt04 – Travée 2	Tor 8	4 x 15 cm, 7 x 17 cm, 3 x 20 cm
Pt03 – Travée 3 côté P2	Tor 8	7 x 14 cm, 5 x 17 cm
Pt02 – Travée 3 côté P2	Tor 8	6 x 14 cm, 7 x 17 cm
Pt02 – Travée 3 côté P3	Tor 8	5 x 14 cm, 7 x 17 cm
Pt01 – Travée 3 côté P3	Tor 8	6 x 14 cm, 5 x 18 cm
Pt05 – Travée 4	Tor 8	5 x 14 cm, 7 x 20 cm

Tableau 1: Synthèse des espacements des cadres à proximité des appuis

5.1.5 Reconnaissances destructives du ferrailage des poutres

Différents sondages destructifs par burinage ont été réalisés, afin de déterminer le ferrailage des poutres mis en œuvre dans le béton.

5.1.5.1. Poutre Pt05 – Travée 3



Fig. 50 : Armatures en sous-face de poutre
7 filants (Tor 25) confirmés sur le premier lit



Fig. 51 : Armatures en âme de poutre
2 filants (Tor 25 et Tor 32) confirmés sur l'âme

La position des armatures et leur section permettent de mettre en évidence le ferrailage suivant :

- cadres Tor 8,
- premier lit : 7 filants Tor 25,
- second lit : filants Tor 30.

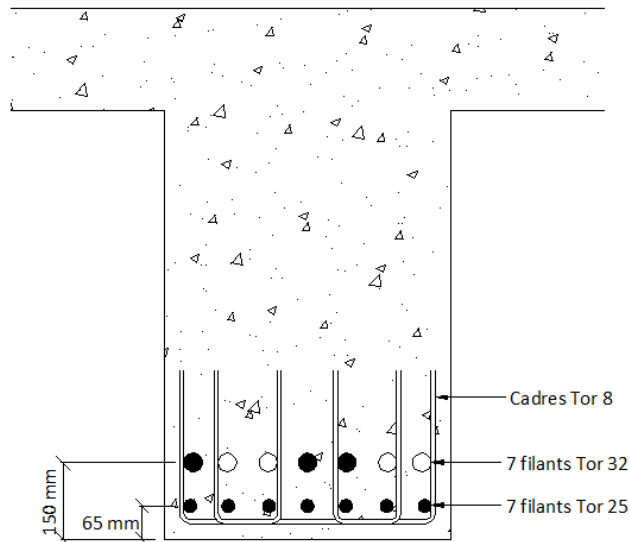


Fig. 52 : Ferraillage découvert sur la poutre Pt05 en travée 3

Les armatures noires ont été confirmées par les sondages, les blanches sont supposées par symétrie ou par déduction des différentes reconnaissances

5.1.5.2. Poutre Pt02 - Travée 3

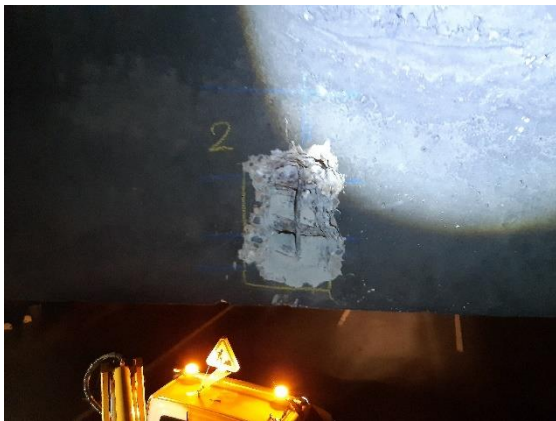


Fig. 53 : Armatures en âme de poutre
3 filants (Tor 25 et Tor 32) confirmés sur l'âme



Fig. 54 : Armatures en âme de poutre

La position des armatures et leur section permettent de mettre en évidence le ferraillage suivant :

- cadres Tor 8,
- premier lit : filants Tor 25,
- second lit : filants Tor 32.

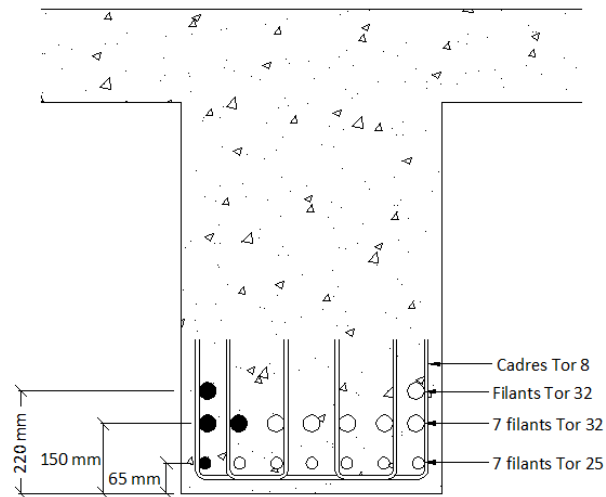


Fig. 55 : Ferrailage découvert sur la poutre Pt02 en travée 3

Les armatures noires ont été confirmées par les sondages, les blanches sont supposées par symétrie ou par déduction des différentes reconnaissances

5.1.5.3. Poutre Pt01 - Travée 3



Fig. 56 : Armatures en sous-face de poutre
2 filants Tor25 en premier lit et 2 filants Tor 32 en second lit



Fig. 57 : Armatures en âme de poutre

La position des armatures et leur section permettent de mettre en évidence le ferrailage suivant :

- cadres Tor 8,
- premier lit : filants Tor 25,
- second lit : filants Tor 32.

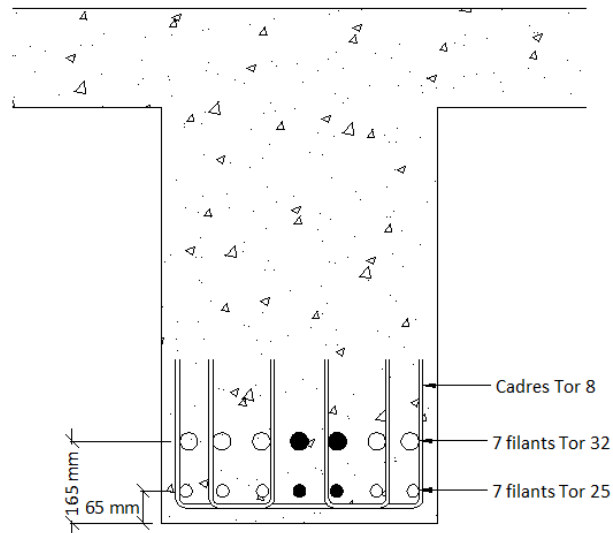


Fig. 58 : Ferrailage découvert sur la poutre Pt01 en travée 3

Les armatures noires ont été confirmées par les sondages, les blanches sont supposées par symétrie ou par déduction des différentes reconnaissances

5.1.5.4. Poutre Pt05 - Travée 4



Fig. 59 : Armatures en sous-face de poutre
7 filants Tor 20 en premier lit



Fig. 60 : Armatures en âme de poutre
7 filants Tor 25 en second lit

La position des armatures et leur section permettent de mettre en évidence le ferrailage suivant :

- cadres Tor 8,
- premier lit : filants Tor 20,
- second lit : filants Tor 25.

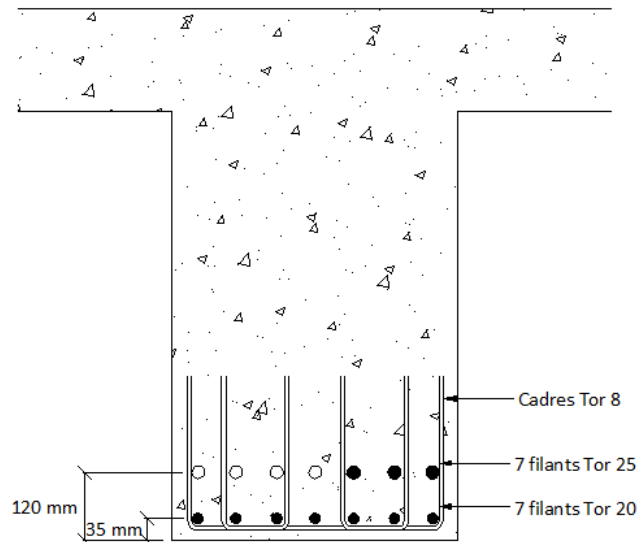


Fig. 61 : Ferrailage découvert sur la poutre Pt05 en travée 4

Les armatures noires ont été confirmées par les sondages, les blanches sont supposées par symétrie ou par déduction des différentes reconnaissances

5.1.6 Synthèse des reconnaissances de ferrailage sur les poutres

5.1.6.1. Travées de rive

D'après les reconnaissances destructives et non destructives, le ferrailage des poutres de rive pourrait être le suivant. Il existe certaines incertitudes, notamment au centre de la poutre. Les armatures filantes représentées en noire sont reconnues avec certitude et celles en blanc, sont présentes, mais leur diamètre reste incertain.

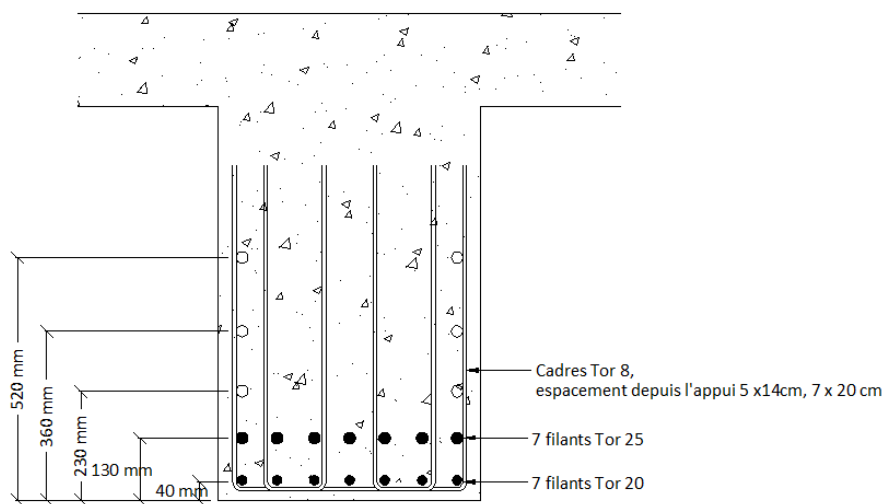


Fig. 62 : Ferrailage des poutres des travées de rive

5.1.6.2. Travées intermédiaires

D'après les reconnaissances destructives et non destructives, le ferrailage des poutres de rive pourrait être le suivant.

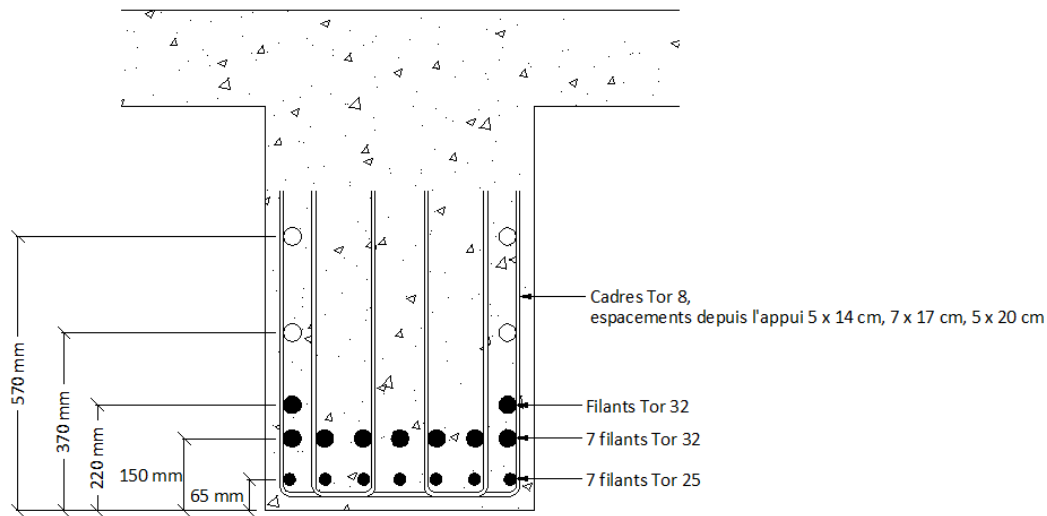


Fig. 63 : Ferrailage des poutres des travées intermédiaires

5.2 Ferrailage des chevêtres de piles

5.2.1 Dossier d'ouvrage

Des reconnaissances non destructives ont été réalisées sur les chevêtres des piles, afin de confronter les résultats au plan existant.

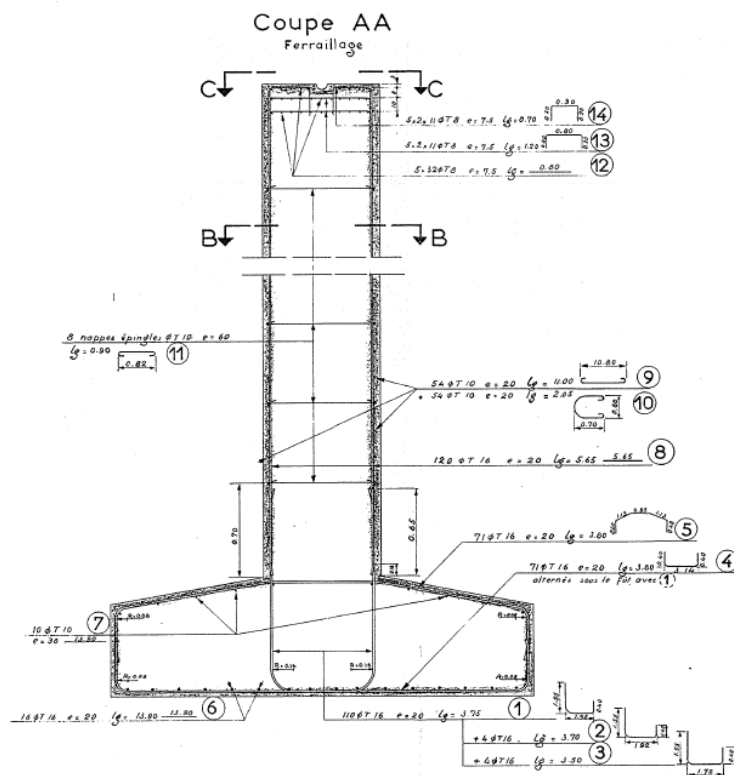


Fig. 64 : Plan de ferrailage des piles – Coupe transversale

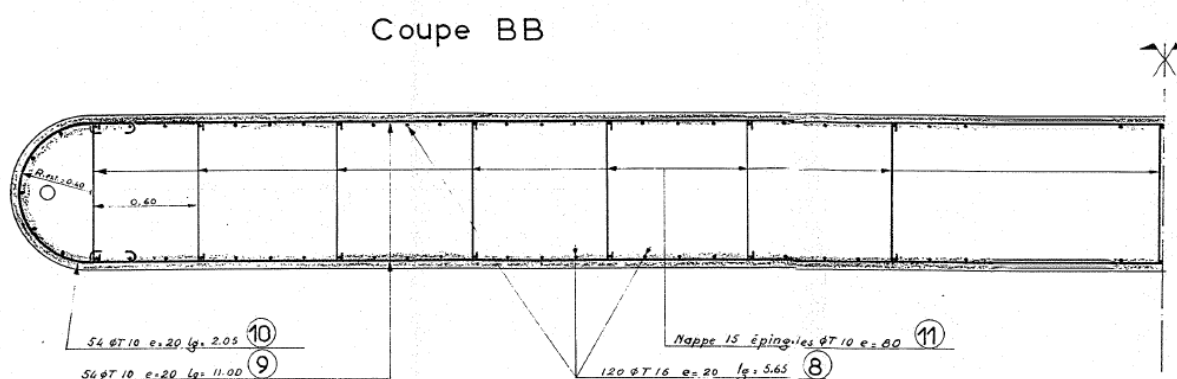


Fig. 65 : Plan de ferrailage des piles – Coupe longitudinale

D'après les plans issus du DO, le ferrailage en tête de pile est composé :

- en partie courante :
 - d'armatures verticales : Tor 16 mm, espacées de 20 cm (repère 8),
 - d'armatures horizontales : Tor 10 mm, espacées de 20 cm (repère 9),
- en partie supérieure de pile :
 - d'armatures transversales : Tor 8, espacées de 7,5 cm, à 3 cm (repère 14), 11 et 21 cm (repère 13) depuis la tête de pile,
 - d'armatures longitudinales : Tor 8, espacées de 7,5 cm, à 3, 11 et 21 cm de la tête de pile (repère 12).

5.2.2 Résultats des reconnaissances

5.2.2.1. Pile P2

Les figures suivantes présentent les auscultations au Ferroskan, réalisées au droit de chaque appui.

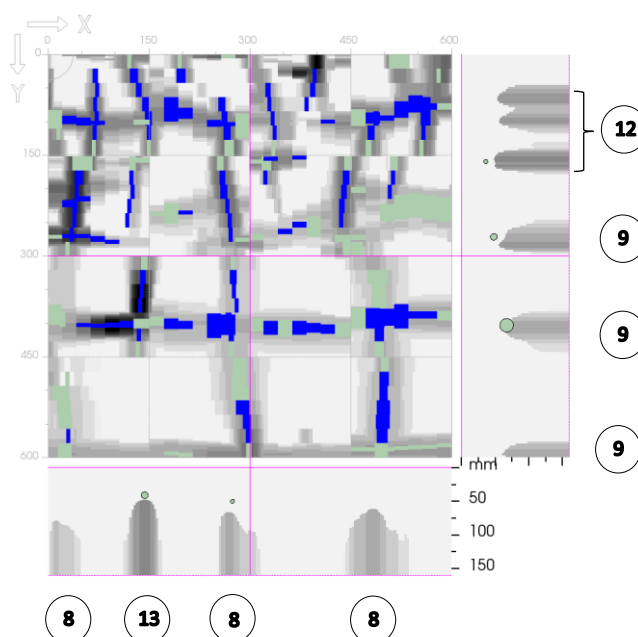


Fig. 66 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt05

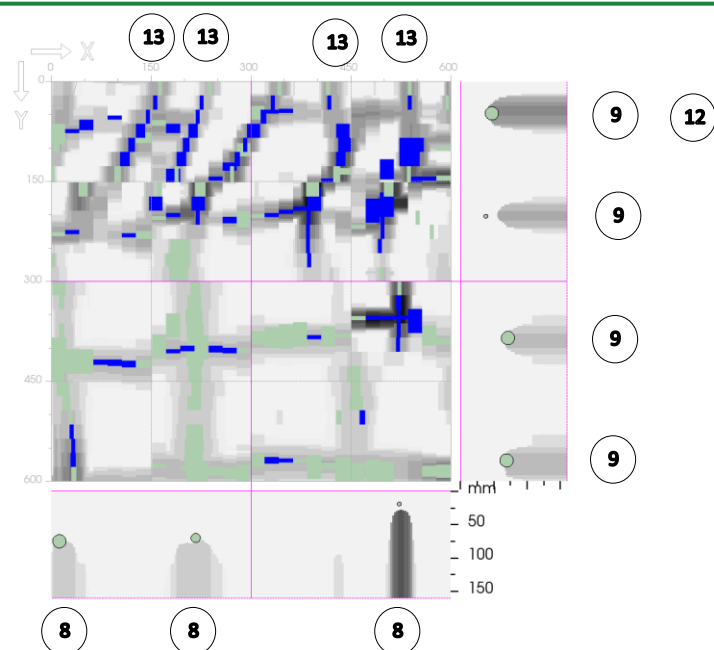


Fig. 67 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt04

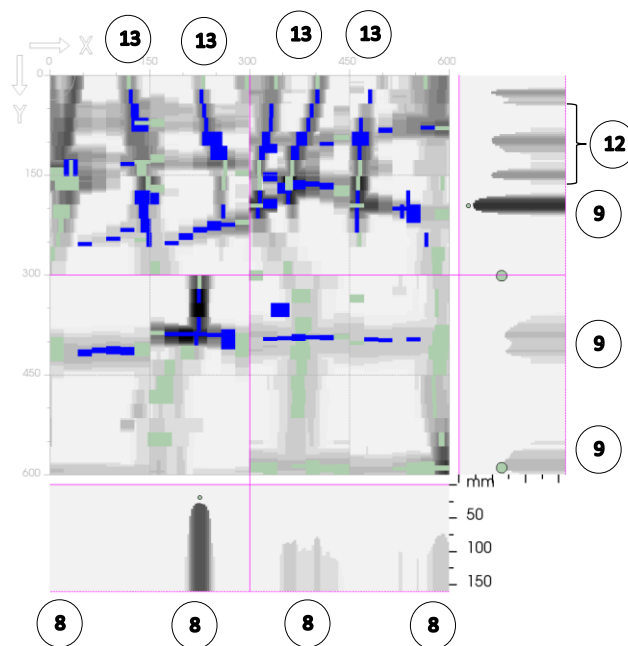


Fig. 68 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt03

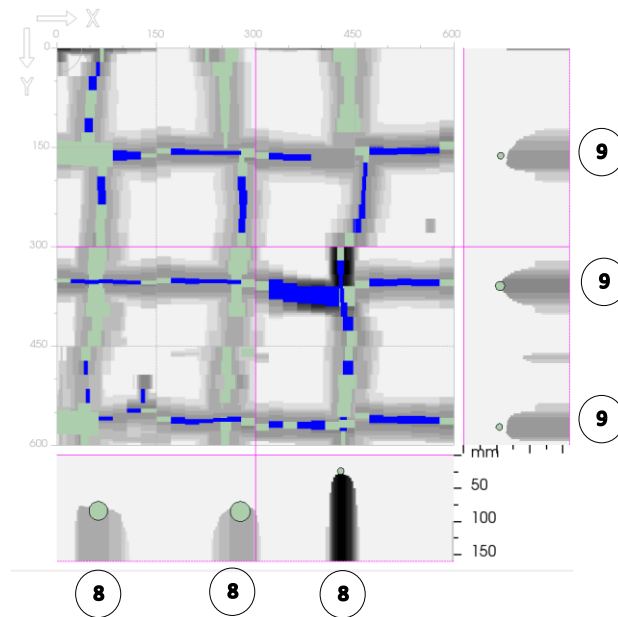


Fig. 69 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt02

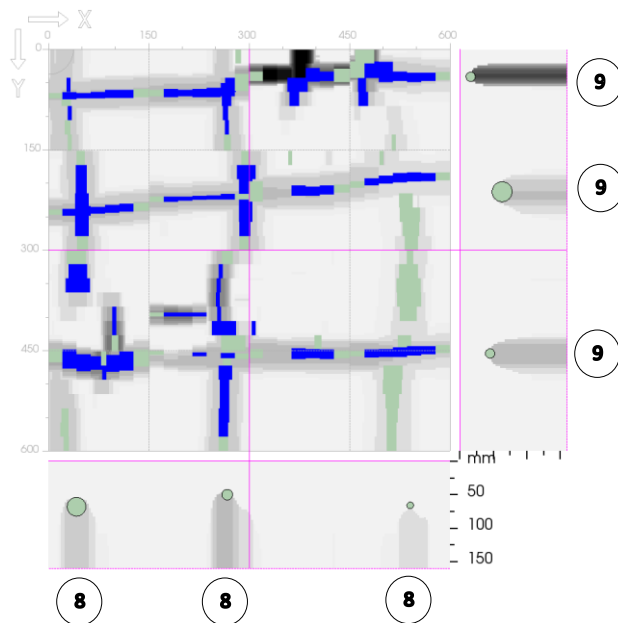


Fig. 70 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt01

Le ferrailage reconnu sur les chevêtres au droit des appuis des poutres semble correspondre au plan de ferrailage issu du DO. Nous retrouvons bien les armatures verticales et horizontales, espacées de 20 cm en partie courante, et des armatures plus resserrées en partie haute de pile, semblant correspondre aux repères 12, 13 et 14.

Au droit des poutres Pt01 et Pt02, les auscultations ont été réalisées plus bas. Nous retrouvons donc uniquement les armatures positionnées en partie courante.

5.2.2.2. Pile P3

Les figures suivantes présentent les auscultations au Ferroskan, réalisées au droit de chaque appui. L'auscultation au droit de la poutre Pt01 n'a pu être réalisée en raison de la présence d'un profilé métallique.

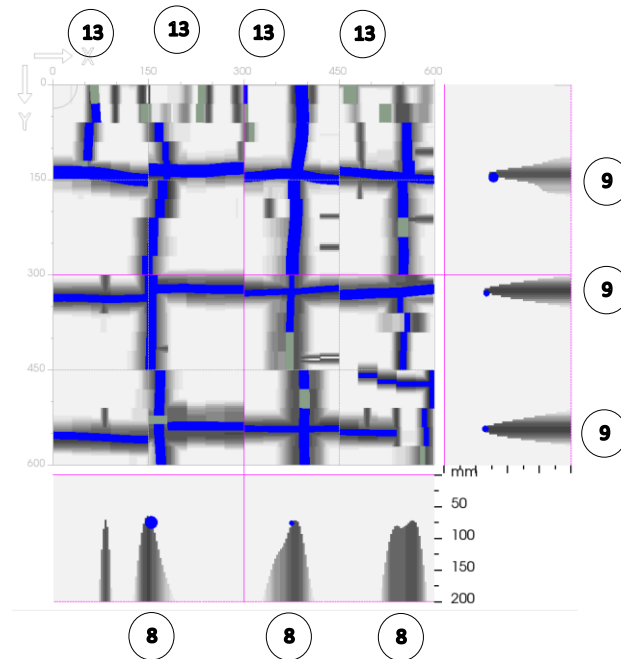


Fig. 71 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt05

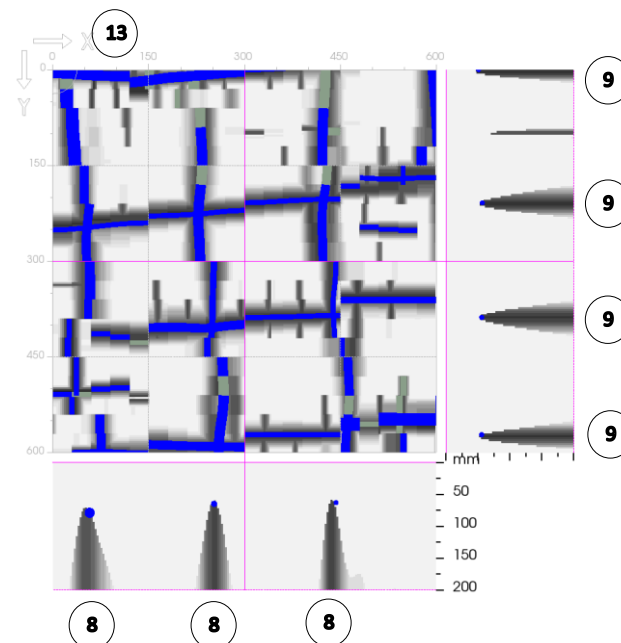


Fig. 72 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt04

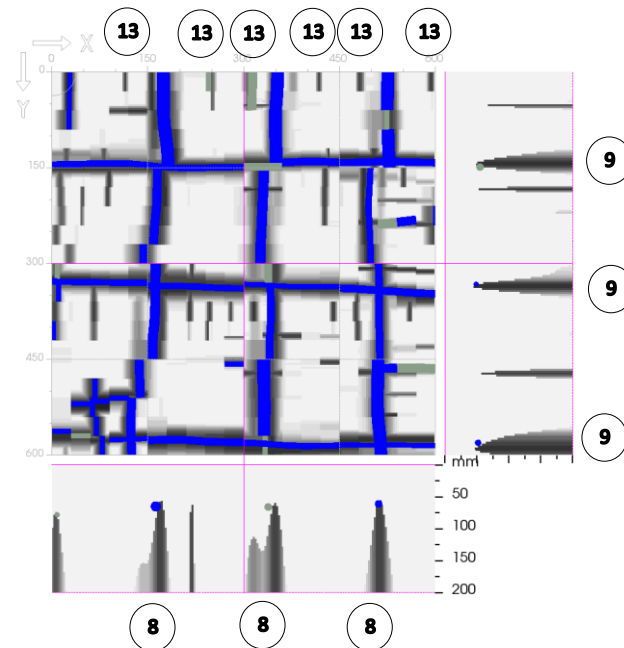


Fig. 73 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt03

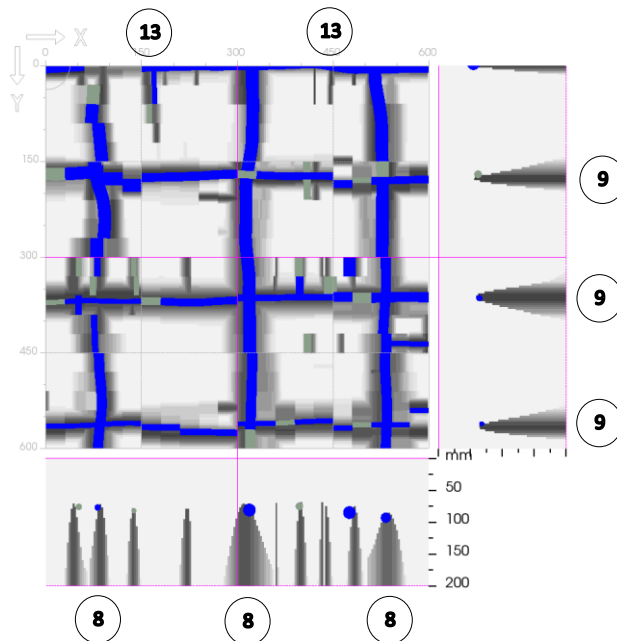


Fig. 74 : Ferrailage reconnu – Poutre Pt02

Le ferrailage reconnu sur les chevêtres au droit des appuis des poutres semble correspondre au plan de ferrailage issu du DO. Nous retrouvons bien les armatures verticales et horizontales, espacées de 20 cm en partie courante, et des armatures plus resserrées en partie haute de pile, semblant correspondre aux repères 13 et 14.

Les auscultations ont été réalisées plus bas que sur la pile P2, expliquant la raison pour laquelle les armatures 12 ne sont pas observées. Nous voyons uniquement la partie basse des armatures 13 (ou 14).

6 - RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE

6.1 Description des échantillons

Le Tableau 2 ci-après donne les références, la localisation et les principales caractéristiques des échantillons réceptionnés par le LERM. Ces échantillons sont par ailleurs illustrés par les figures ci-après.

Réf. LERM	Localisation du prélèvement	Description du prélèvement	Dimensions
54580-1	Pile P1 face P2 Entre Pt03 et Pt04	Carotte de béton dont la pâte de ciment est de teinte gris clair. Les granulats, de type alluvionnaires ($D_{max} = 30$ mm) sont répartis de manière homogène sur la hauteur. Des vacuoles millimétriques sont observées, réparties de manière homogène sur la hauteur.	$\varnothing = 74$ mm h= 240 mm m = 2629 g
54580-2	Pile P1 face P2 Entre Pt04 et Pt05		$\varnothing = 74$ mm h= 255 mm m = 2788 g
54580-3	Pile P1 face C0 Entre Pt04 et Pt05		$\varnothing = 74$ mm h= 210 mm m = 2233 g
54580-4	Pile P2 face P1 Entre Pt02 et Pt03		$\varnothing = 74$ mm h= 235 mm m = 2350 g
54580-5	Pile P2 face P1 Entre Pt01 et Pt02		$\varnothing = 74$ mm h= 165 mm m = 1502 g
54580-6	Pile P2 face P3 Entre Pt04 et Pt05		$\varnothing = 74$ mm h= 220 mm m = 2200 g
54580-7	Pile P2 face P3 Entre Pt03 et Pt04		$\varnothing = 74$ mm h= 255 mm m = 2500 g
54580-8	Pile P3 face P2 Entre Pt03 et Pt04		$\varnothing = 74$ mm h= 270 mm m = 2670 g
54580-9	Pile P3 face P2 Entre Pt04 et Pt05		$\varnothing = 74$ mm h= 225 mm m = 2300 g

Tableau 2 : Identification des échantillons de béton 54580-1 à 9



Fig. 75 : Vue de l'échantillon 54580-1

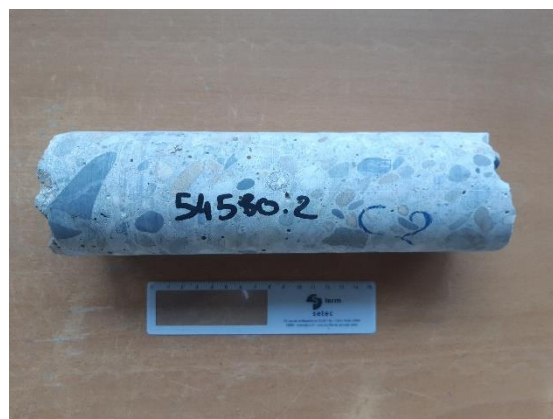
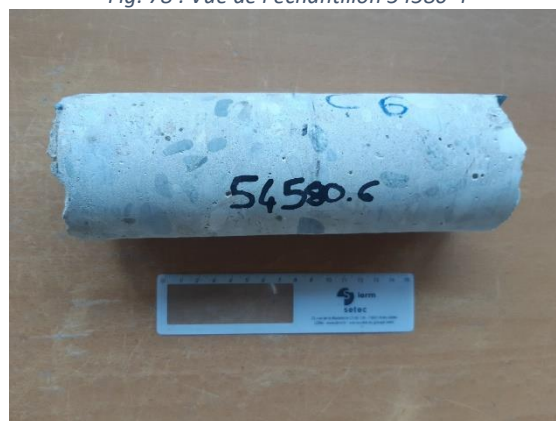


Fig. 76 : Vue de l'échantillon 54580-2

*Fig. 77 : Vue de l'échantillon 54580-3**Fig. 78 : Vue de l'échantillon 54580-4**Fig. 79 : Vue de l'échantillon 54580-5**Fig. 80 : Vue de l'échantillon 54580-6**Fig. 81 : Vue de l'échantillon 54580-7**Fig. 82 : Vue de l'échantillon 54580-8**Fig. 83 : Vue de l'échantillon 54580-9*

6.1 Caractéristiques mécaniques du béton

Les résistances à la compression ont été mesurées sur 6 carottes (prélevées sur les piles) selon la norme NF EN 12504-1. Conformément aux dispositions de l'article 7.1 de la norme NF EN 13791, les valeurs brutes d'écrasement ont été corrigées à l'aide de « facteurs de conversion appropriés ». Ces corrections ont été appliquées sur le diamètre et l'éclatement des éprouvettes selon les règles figurant dans l'annexe française de la norme NF EN 13791. Les résultats obtenus sont compilés dans le tableau ci-dessous.

Localisation	Réf. LERM	Éclatement	Résistance à la compression brute mesurée (MPa)	Résistance à la compression corrigée (MPa)
Pile P1	54580-1	1,89	61,5	66,8
	54580-2	1,85	76,4	82,3
Pile P2	54580-4	1,81	45,7	48,9
	54580-7	1,88	43,5	47,1
Pile P3	54580-8	1,90	34,9	39,0
	54580-9	1,74	42,8	45,1

Tableau 3 : Résultats des résistances mécaniques des échantillons de béton

Les résultats des mesures de résistance en compression du béton sont hétérogènes entre les piles. En effet la pile P1 présente des résultats beaucoup plus élevés que sur les 2 autres piles. Les valeurs varient de 39 à 82,3 MPa pour une **moyenne de 54,9 MPa**.

6.2 Profondeur de carbonatation du béton

Les mesures de la profondeur de carbonatation ont été réalisées en laboratoire sur les prélèvements. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous puis confrontés aux statistiques d'enrobage afin de déterminer le pourcentage d'armatures détectées enrobées dans un béton carbonaté et donc en mesure d'être dépassivées.

Réf.	Localisation	Profondeur de carbonatation	Profondeur minimale d'enrobage	% d'armatures en zone carbonatée
54580-1	Pile P1 face P2 Entre Pt03 et Pt04	10 mm	55 mm	0 %
54580-2	Pile P1 face P2 Entre Pt04 et Pt05	5 mm	59 mm	0 %
54580-3	Pile P1 face C0 Entre Pt04 et Pt05	17 mm	-	-
54580-4	Pile P2 face P1 Entre Pt02 et Pt03	21 mm	-	-
54580-5	Pile P2 face P1 Entre Pt01 et Pt02	14 mm	-	-
54580-6	Pile P2 face P3 Entre Pt04 et Pt05	21 mm	47	0 %
54580-7	Pile P2 face P3 Entre Pt03 et Pt04	10 mm	52	0 %
54580-8	Pile P3 face P2 Entre Pt03 et Pt04	32 mm	-	-
54580-9	Pile P3 face P2 Entre Pt04 et Pt05	17 mm	-	-

Tableau 4 : Profondeurs de carbonatation des bétons sur les piles

Les profondeurs de carbonatation du béton sont globalement homogènes et inférieures à 20 mm. Seule la pile P3 présente une profondeur de carbonatation supérieure à 30 mm. Néanmoins, les enrobages mesurés sont globalement aux alentours de 50 mm et donc nettement supérieurs à la profondeur de carbonatation. Il y a donc lieu de penser que la profondeur de carbonatation n'atteint pas les armatures et restent donc protégées vis-à-vis de la corrosion par la carbonatation du béton.



Fig. 84 : Carbonatation du béton sur les échantillons 54580-1 à 4



Fig. 85 : Carbonatation du béton sur les échantillons 54580-5 à 7



Fig. 86 : Carbonatation du béton sur les échantillons 54580-8 et 9

6.3 Mesures des teneurs en chlorures libres et du pH

Les chlorures libres ont été déterminés sur les pilesx, zones susceptibles de présenter un apport en chlorures en raison de l'utilisation de sels de déverglage, aux trois profondeurs suivantes : 0/20, 20/40 et 40/60 mm. Ces mesures sont accompagnées de mesures de pH et d'ions OH⁻. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant.

Les teneurs, exprimées en % de poids de ciment, sont notées en respectivement en orange et rouge lorsque les valeurs sont de l'ordre de ou (très) supérieures au seuil de 0,4 % défini par la norme EN 206-1 comme seuil d'initiation de la corrosion dans les bétons armés. De la même manière, le rapport C Cl⁻/OH⁻, déterminé à partir des valeurs de pH, sont notées en rouge et orange lorsque les valeurs sont supérieures au seuil de 0,6 % considéré comme un autre seuil d'initiation de la corrosion (Hausmann).

Réf.	Localisation	Profondeur d'analyse	Chlorures libres (% massique)		pH	OH ⁻ (%massique)	Rapport Cl ⁻ libres béton / OH ⁻
			En poids de béton	En poids de ciment*			
54580-1	Pile P1 face P2 Entre Pt03 et Pt04	0-20 mm	0,13	0,86	12,37	0,204	0,65
		20-40 mm	0,13	0,86			0,65
		40 – 60 mm	0,08	0,53			0,40
54580-2	Pile P1 face P2 Entre Pt04 et Pt05	0-20 mm	0,06	0,39	12,56	0,309	0,20
		20-40 mm	0,07	0,45			0,23
		40 – 60 mm	0,05	0,33			0,17
54580-3	Pile P1 face C0 Entre Pt04 et Pt05	0-20 mm	0,02	0,15	12,57	0,319	0,07
		20-40 mm	0,02	0,15			0,07
		40 – 60 mm	0,01	0,09			0,04
54580-4	Pile P2 face P1 Entre Pt02 et Pt03	0-20 mm	0,06	0,39	12,52	0,285	0,21
		20-40 mm	0,03	0,20			0,11
		40 – 60 mm	0,02	0,15			0,08
54580-5	Pile P2 face P1 Entre Pt01 et Pt02	0-20 mm	0,01	0,09	12,54	0,309	0,05
		20-40 mm	0,01	0,09			0,05
		40 – 60 mm	0,01	0,08			0,04
54580-6	Pile P2 face P3 Entre Pt04 et Pt05	0-20 mm	0,02	0,15	12,55	0,302	0,08
		20-40 mm	0,02	0,10			0,05
		40 – 60 mm	0,01	0,08			0,04
54580-7	Pile P2 face P3 Entre Pt03 et Pt04	0-20 mm	0,08	0,51	12,53	0,288	0,28
		20-40 mm	0,03	0,22			0,12
		40 – 60 mm	0,02	0,15			0,08
54580-8	Pile P3 face P2 Entre Pt03 et Pt04	0-20 mm	0,16	1,02	11,63	0,363	0,44
		20-40 mm	0,14	0,88			0,38
		40 – 60 mm	0,13	0,84			0,36
54580-9	Pile P3 face P2 Entre Pt04 et Pt05	0-20 mm	0,02	0,11	12,27	0,16	0,10
		20-40 mm	0,03	0,20			0,20
		40 – 60 mm	0,04	0,28			0,27

Tableau 5 : Teneurs en chlorures libres dans les échantillons de béton sur l'ouvrage

* calculé à partir d'un dosage en ciment de 350 kg/m³ et d'une masse volumique apparente de 2250 kg/m³

L'observation des ces mesures permettent de mettre en évidence les points essentiels suivants :

- les faces extérieures des piles P1 et P3 ne présentent pas de chlorures,
- la pile P2 présente un enrichissement de chlorures, tout en restant inférieur au seuil d'initiation de la corrosion,
- les faces intérieures des piles P1 et P3 présentent un enrichissement très important de chlorures, dépassant le seuil d'initiation de la corrosion sur les 3 tranches étudiées,
- seule la face intérieure de la pile P1 présente un rapport Cl-/OH- supérieur à 0,6, considéré comme seuil d'initiation de la corrosion.

7 - CONCLUSION

Les investigations menées sur pont de Mireport à Lormont (33) ont permis de mettre en évidence le ferrailage des poutres suivants :

- poutres des travées de rive :
 - cadres Tor 8, espacement depuis l'appui 5 x 14 cm, 7 x 20 cm,
 - filants :
 - ✓ 1 lit de 7 Tor 20
 - ✓ 1 lit de 7 Tor 25,
 - ✓ 3 lits de 2 Tor 25,

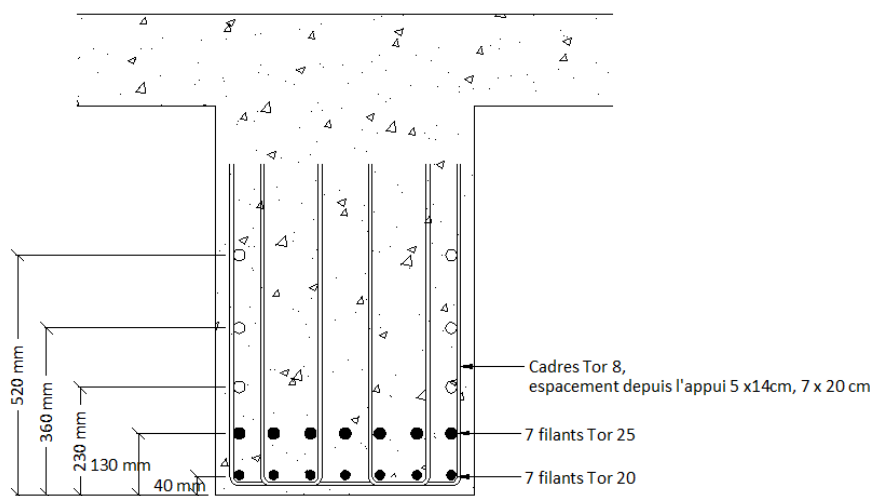


Fig. 87 : Ferrailage des poutres des travées de rive

- poutres des travées intermédiaires :
 - cadres Tor 8, espacement depuis l'appui 5 x 14 cm, 7 x 17 cm, 5 x 20 cm,
 - filants :
 - ✓ 1 lit de 7 Tor 25
 - ✓ 1 lit de 7 Tor 32,
 - ✓ 3 lits de 2 Tor 32,

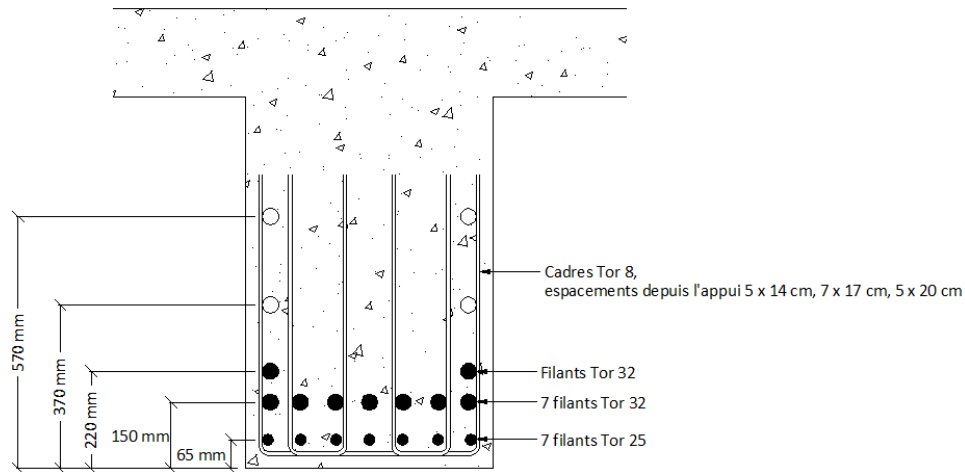


Fig. 88 : Ferrailage des poutres des travées intermédiaires

Le ferrailage découvert par auscultation au Ferroskan semble conforme au plan issu du DO, à savoir :

- en partie courante :
 - armatures verticales : Tor 16 mm, espacées de 20 cm (repère 8),
 - armatures horizontales : Tor 10 mm, espacées de 20 cm (repère 9),
- en partie supérieure de pile :
 - armatures transversales : Tor 8, espacées de 7,5 cm, à 3 cm (repère 14), 11 et 21 cm (repère 13) depuis la tête de pile,
 - armatures longitudinales : Tor 8, espacées de 7,5 cm, à 3, 11 et 21 cm de la tête de pile (repère 12),

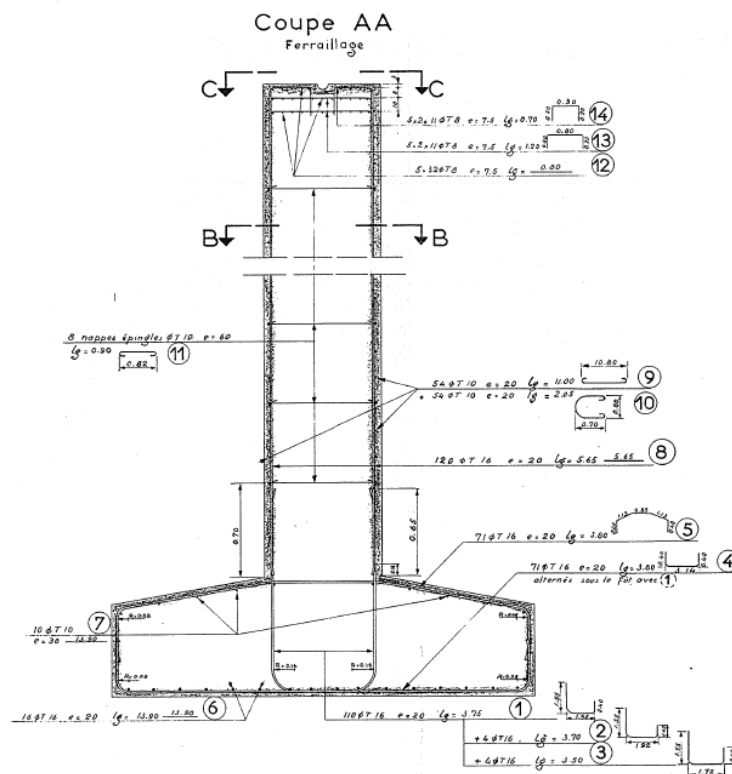


Fig. 89 : Plan de ferrailage des piles – Coupe transversale

Coupe BB

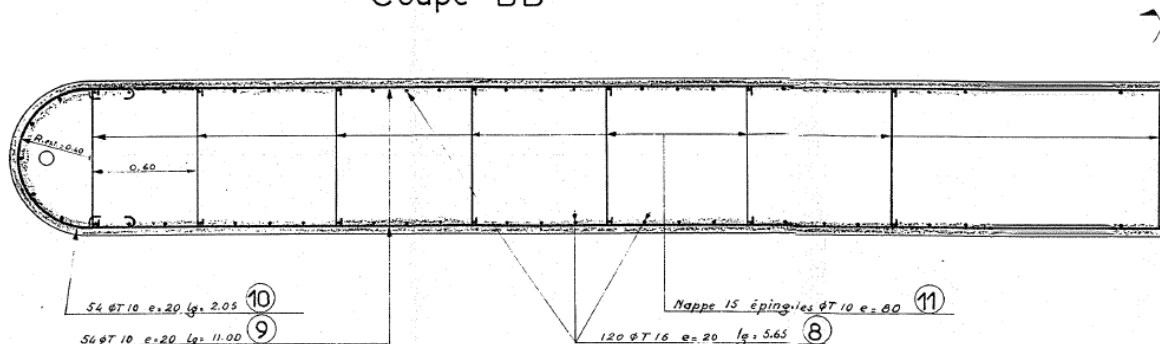


Fig. 90 : Plan de ferrailage des piles – Coupe longitudinale

Les résistances en compression du béton mesurées sont globalement élevées. Les résultats sont homogènes sur les piles P2 et P3, et légèrement supérieurs sur la pile P1.

Les teneurs en chlorures libres ont montré un enrichissement très important sur les piles de rives, dépassant le seuil de 0,4 % en poids de ciment, considéré comme seuil d'initiation de la corrosion des armatures dans le béton armé selon la norme EN 206-1. Selon le rapport Cl-/OH-, seule la pile P1 dépasse le seuil de 0,6 % considéré comme seuil d'initiation de la corrosion (Hausmann).

D'après les mesures d'enrobages réalisées, le premier lit d'armatures est situé entre 40 et 60 mm de profondeur. Les armatures des piles P1 et P3 présentent donc un risque de corrosion lié à la présence d'ions chlorures. De plus, il convient de souligner que les prélèvements ont été réalisés en partie supérieure de pile, à proximité des chevêtres. Il y a donc lieu de considérer que les aspersion d'eau chargées des sels de déverglaçage soient plus importantes en parties basses de pile, accentuant encore les teneurs en chlorures, et donc le risque de corrosion des armatures.

Loïc WEGENER
Ingénieur d'études

Jérémie DEJEAN
Ingénieur d'études

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

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

Immeuble le Crystallin
191-193 Cours Lafayette
CS 20087
69458 LYON Cedex 06
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

