



Rapport du Conseil communal au Conseil général
concernant
une demande de crédit d'engagement de 1.388 million de francs pour l'assainissement du pont de Bellevue

Monsieur le président,
Mesdames, Messieurs,

1 Introduction

Le Conseil communal sollicite votre Autorité pour une demande de crédit de 1'388'000 francs pour l'assainissement du pont de Bellevue, en raison de plusieurs constats d'usure avancée qui contraignent le propriétaire de l'ouvrage, donc la commune, à procéder à des travaux d'entretien importants. Le Conseil communal enjoint votre Autorité à accepter le présent rapport et à adopter le projet d'arrêté joint en annexe.

Situé sur la commune de La Tène, le pont de Bellevue a été mis en service dans le cadre de la transformation de l'usine Dubied en centre commercial à la fin des années 70. A trafic bidirectionnel, le pont comprend deux voies de circulation pour les véhicules et deux trottoirs pour les piétons. Il enjambe la ligne de chemin de fer BLS à la hauteur de la route de Bellevue à Marin.



2 Développement

En 2001, le pont de Bellevue a fait l'objet d'une étude réalisée par le bureau AJS SA, concepteur du pont lors de la construction. Selon les conclusions des ingénieurs, l'ouvrage est apte à supporter le trafic des véhicules de 40 tonnes ; par contre, il a été mis en évidence beaucoup de dégâts sur la quasi-totalité des éléments de l'ouvrage.

Vu l'état dudit ouvrage, un projet d'intervention pour un coût estimé à environ 720'000 francs a été proposé à la commune. Ce montant ne concernait que les travaux, sans compter les honoraires d'ingénieur civil, ni les prestations de BLS, ni les réserves nécessaires pour une telle intervention et non plus la TVA. Pour des raisons inconnues, ce projet n'a pas abouti et donc les dégâts identifiés en 2001 n'ont fait l'objet d'aucun assainissement.

2.1 Les travaux de l'assainissement de la rue de la Gare

Dans le cadre du projet d'assainissement d'infrastructures souterraines et de réfection de surfaces de tronçons routiers des rues de la Gare, du Closel, des Couviers, En Pellu et de la route de Bellevue (ci-après : travaux RDG), le Conseil communal a mandaté au printemps 2014 le bureau d'ingénieurs civils Mauler SA (MSA) afin de réévaluer la situation et de procéder à une inspection principale du pont de Bellevue. Le but étant de coordonner les éventuelles interventions sur le pont aux travaux RDG.

2.2 Rapport d'inspection – appréciation globale en 2014

Le rapport du bureau MSA SA a été rendu en décembre 2014. L'appréciation globale de l'état général de l'ouvrage en fonction des classes d'état définies dans le cadre de l'évaluation établie par l'OFROU est jugé mauvais (classe 4 du barème : 1 bon, 2 acceptable, 3 détérioré, 4 mauvais, 5 alarmant).

En regard de ces appréciations, le Conseil communal a décidé au printemps 2015 d'entreprendre des investigations plus poussées, au nom de la sécurité des usagers et de la maîtrise des coûts, sous l'angle de la péjoration de l'état général de l'ouvrage.

2.3 Demande de crédit en 2015

Le Conseil communal a demandé, lors de la séance du Conseil général du 11 juin 2015, un crédit d'un montant de 62'000 francs pour l'élaboration d'un concept d'intervention, qui comprenait les investigations suivantes :

- Analyse des bétons
- Inspection spécifique des appuis
- Etudes géotechniques
- Mise à jour et consolidation des vérifications statiques de 2001
- Vérification statique de l'ouvrage

Par ailleurs, le concept d'intervention devrait tenir compte des observations suivantes :

- Remplacement du revêtement de chaussée
- Mise en place d'une nouvelle couche d'étanchéité
- Contrôle des glissières et resserrement des pièces déboîtées
- Remplacement des joints de chaussée

Après le délai référendaire, le Conseil communal a mandaté le bureau d'ingénieurs Infra Services et Ingénierie SA (ISI SA), domicilié à Marin comme bureau BAMO pour diriger et coordonner l'élaboration du concept d'intervention.

2.4 Activités du bureau BAMO entre juillet 2015 et février 2016

Durant cette période, le bureau ISI SA a réuni tous les documents existants de l'ouvrage et a fait faire les investigations suivantes :

- Etude géotechnique et inspection du talus par Geotest SA (annexes 2 et 3) concernant la stabilité de la culée nord du pont de Bellevue, vu les tassements constatés en 2001 confirmés en 2014
- Prélèvement et analyse du béton de la structure pour définir la qualité effective du béton en place par Geotest SA (annexe 4)
- Inspection des appuis du pont par Freyssinet SA (annexe 5)

En date du 3 mars 2016, le bureau ISI SA a livré au Conseil communal un dossier comprenant l'ensemble des documents du pont de Bellevue avec la proposition suivante :

« Mise en soumission des travaux d'ingénieur auprès de quatre bureaux d'ingénieurs qui travaillent régulièrement pour la commune et /ou qui connaissent déjà l'ouvrage et les environs ».

2.5 Mise en soumission du mandat d'ingénieur civil en 2016

Le Conseil communal a mandaté le bureau ISI SA pour mettre en soumission le mandat d'ingénieur civil pour la réfection du pont de Bellevue auprès des quatre bureaux d'ingénieurs suivants :

- AJS Ingénieurs SA à Neuchâtel comme projeteur du pont dans les années 70 et auteur du rapport d'inspection en 2001
- MSA Ingénieurs SA à Neuchâtel, auteur du rapport d'inspection de 2014
- VBI SA à Marin, bureau d'ingénieurs installé sur la commune de La Tène
- GVH SA à Saint-Blaise, bureau reconnu pour la construction et la réfection des ouvrages d'art

Les quatre bureaux d'ingénieurs ont déposé leurs offres le 25 avril 2016 au bureau communal. Le Conseil communal a suivi la proposition du BAMO (ISI SA) et adjugé le mandat d'ingénieur civil au bureau GVH SA de Saint-Blaise.

3 Travaux projetés

Afin d'envisager l'assainissement du pont, nous avons entre l'automne 2015 et le printemps 2016, effectué plusieurs analyses par mandat à des entreprises spécialisées nous permettant d'obtenir une situation claire et précise de l'état de situation de l'ouvrage.

3.1 Stabilisation du talus (Annexes 2 et 3)

Suite au rapport du 17 novembre 2015 suivi de celui du 3 février 2016 du bureau Geotest, il est prévu d'intervenir sur le talus Nord afin de le stabiliser. En effet, comme l'indique l'avis d'inspection, il s'agit de supprimer les terriers par injection de ciment liquide et la pose d'un grillage de protection, dans le même cadre, il s'agira également de prolonger le muret jusqu'au pilier du pont afin de stabiliser l'érosion superficielle du talus.

3.2 Réfection des surfaces de béton (Annexe 4)

Sur la base de l'état de situation du pont sous l'angle de l'état de conservation de l'enrobage béton et des éléments ferreux, il est préconisé de reprendre plusieurs zones par hydro démolition et réfection de l'enrobage béton, dont les détails figurent en annexe 4 du présent rapport.

3.3 Suppression et changement des appareils d'appuis (Annexe 5)

Comme le constate le rapport du bureau Freyssinet, les appuis sont en mauvais état, ils présentent d'évidents points de rouille ainsi que des fissures. Comme proposé par l'ingénieur, les appuis sur les culées seront supprimés.

4 Coûts des travaux projetés

Les coûts des travaux prévus sont répertoriés dans le tableau ci-après. Les travaux de génie civil ont été soumis à la procédure de marché public. L'offre retenue remplit pleinement les critères d'adjudication qui ont fait l'objet d'une notation sur le coût devisé, l'organisation technique des travaux, le respect du planning de réalisation et les références pour des travaux similaires.

Coûts des travaux	CHF TTC
Travaux de génie civil	1'080'000
Honoraires d'ingénieur civil	91'800
Prestation BLS (surveillance et protection de la zone de danger)	16'200
Prestations TN (déplacement temporaire des lignes de contact)	32'400
Honoraires bureau BAMO	27'000
Honoraires divers (preuves à futur, expertises)	27'000
Prestations service de flore et faune (déloger les animaux)	10'800
Sous-total	1'285'200
Divers et imprévus 8%	102'816
Total	1'388'016
Total TTC arrondi*	1'388'000

*Pour des raisons de simplification, la TVA est calculée au taux actuel de 8%, l'abaissement à 7.7% dès le 1^{er} janvier 2018 sera quant à lui appliqué.

L'objectif principal est de rendre le pont de Bellevue sûr pour les 40 prochaines années, voire au-delà.

A cet effet, nous avons pris le parti de nous consacrer aux travaux importants et inévitables à réaliser.

Sur proposition du bureau d'ingénieur nous avons retenu la solution de rendre l'ouvrage statiquement solidaire aux culées et ainsi supprimer les joints de dilatation (entre le pont et la chaussée).

Cette option a pour avantage un entretien moins onéreux à l'avenir, sans surcoût réel lors de l'assainissement.

5 Financement et amortissement

Selon le règlement général d'exécution de la loi sur les finances de l'Etat et des communes (RLFInEC), la présente dépense est assujettie à un amortissement à hauteur de 2% sur 50 ans. Il est toutefois pris le parti d'amortir les coûts à 2.5% (40 ans). Cette durée convient mieux à ce genre d'ouvrage. En effet, on constate qu'après 40 ans d'existence (construction en 1977), il devient plus que nécessaire de reprendre l'ouvrage afin de prolonger sa durée de vie. Les faits parlent d'eux-mêmes et nous confortent dans le choix d'un amortissement plus court.

L'amortissement linéaire représente 34'700 francs par an. L'intérêt de la dette se calcule sur le taux moyen de l'endettement communal actuellement à 1.87%. Ainsi les frais d'intérêt, calculés sur cette base et pour la durée, représente une moyenne annuelle de 13'302 francs.

6 Planification des travaux

En cas d'acceptation de la présente demande de crédit d'engagement, la planification théorique des travaux sera la suivante :

Planning travaux Mois	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Installation de chantier								
Travaux GC phase Ouest								
Dégrappage enrobé								
Démontage barrière sécurité								
Hydrodémolition bordure								
Reconstruction bordure								
Réfection étanchéité								
Installation barrières sécurité								
Pose enrobé								
Travaux GC phase Est								
Dégrappage enrobé								
Démontage barrière sécurité								
Hydrodémolition bordure								
Reconstruction bordure								
Réfection étanchéité								
Installation barrières sécurité								
Pose enrobé								
Injection terriers (talus)								
Stabilisation talus Nord								

7 Conclusion

Pour les arguments évoqués ci-dessus, nous vous demandons de bien vouloir prendre en considération le présent rapport et d'accepter le projet d'arrêté ci-après concernant une demande de crédit d'engagement de 1.388 million de francs pour l'assainissement du pont de Bellevue.

Veillez agréer, Monsieur le président, Mesdames, Messieurs, l'assurance de notre considération distinguée.

La Tène, le 16 octobre 2017

LE CONSEIL COMMUNAL

Seule l'annexe 1 (arrêté du Conseil général) sera jointe au rapport en tirage papier.

L'intégralité des annexes susmentionnées seront disponibles sur :

- <http://www.commune-la-tene.ch> (rubrique : Politique / Conseil général)
- <https://echo-latene.ne.ch/accueil/> (accès réservé aux personnes habilitées)

Annexe 1 : projet d'arrêté concernant un crédit d'engagement de 1.388 million de francs pour l'assainissement du pont de Bellevue

Annexe 2 : rapport Geotest du 17 novembre 2015, avis géotechnique

Annexe 3 : rapport Geotest du 3 février 2016, rapport d'inspection du talus

Annexe 4 : rapport Geotest du 23 novembre 2015, investigations d'ouvrage

Annexe 5 : rapport Freyssinet du 12 novembre 2015, inspection des appuis

16
novembre
2017

Arrêté du Conseil général
concernant
un crédit d'engagement de 1.388 million de francs pour
l'assainissement du pont de Bellevue

Le Conseil général de la Commune de La Tène,

Vu le rapport du Conseil communal, du 16 octobre 2017,

Vu la loi sur les communes (LCo), du 21 décembre 1964,

Vu le règlement général de commune, du 19 février 2009,

Entendu le rapport de la commission financière,

Entendu le rapport de la commission des travaux publics et des services industriels,

Sur la proposition du Conseil communal,

a r r ê t e

Crédit :

a) montant

Article premier

Un crédit d'engagement de 1.388 million de francs est accordé au Conseil communal pour l'assainissement du pont de Bellevue.

b) amortissement

Art. 2

La dépense sera comptabilisée dans les investissements et amortie au taux de 2.5%.

c) financement

Art. 3

Le Conseil communal est autorisé à conclure l'emprunt nécessaire au financement dudit crédit.

Exécution

Art. 4

Le Conseil communal est chargé de l'exécution du présent arrêté, à l'expiration du délai référendaire.

AU NOM DU CONSEIL GENERAL

Le président, Le secrétaire,

J. Homberger

L. Rieder

Rapport n° 2215107.1

Rui Assunção / Marc-André Dubath

Commune de la Tène

Marin, Pont Bellevue

Avis géotechnique

Le Mont-sur-Lausanne, le 17 novembre 2015

GEOTEST SA
EN BUDRON E7
CH-1052 LE MONT-SUR-
LAUSANNE
T + 41 (0)21 731 09 20
F + 41 (0)21 731 09 30
lausanne@geotest.ch
www.geotest.ch

Table des matières

1.	Projet.....	3
2.	Introduction	3
3.	Documentation consultée.....	4
4.	Constats sur site	4
5.	Calculs de stabilité	6
5.1	Bases de calcul	6
5.2	Résultats des calculs	7
6.	Conclusions et recommandations.....	8

Annexes

1. Calcul de stabilité de la culée Nord (avec facteurs partiels de sécurité) – Coupe A
2. Calcul de stabilité de la culée Nord (sans facteurs de sécurité) – Coupe A
3. Calcul de stabilité de la culée Nord (avec facteurs partiels de sécurité) – Coupe B

1. Projet

Maître de l'ouvrage et mandant:	Commune de la Tène
Ingénieur :	Infra Service et Ingénierie SA
Offre :	2215107.2 du 14.10.2015
Adjudication :	Lettre du 20 octobre 2015
Description sommaire du mandat:	Evaluation géotechnique de la stabilité de la culée Nord-Ouest du pont Bellevue à Marin

2. Introduction

Le contrôle de stabilité du pont de Bellevue à Marin réalisé le 3 décembre 2014 par le bureau Geogroupe SA [6] a révélé un tassement de l'ordre de 10mm sur le secteur Nord-Ouest du pont. Cette déformation localisée laisse présumer une instabilité du terrain de fondation de la partie Ouest de la culée Nord du pont.

Le bureau GEOTEST SA a été mandaté par la Commune de la Tène afin de formuler un avis géotechnique comprenant une réflexion sur les causes de ce tassement et la proposition de mesures constructives permettant de maîtriser les problèmes de tassement de la culée Nord du pont.

Dans le cadre de ce mandat, le bureau GEOTEST SA a réalisé les prestations suivantes :

- Analyse de plusieurs documents techniques du pont (cf. chap. 3).
- Inspection sur site du talus et de la culée Nord du pont ;
- Vérification par calcul de la stabilité au glissement de la culée Nord du pont (stabilité globale).
- Rédaction du présent rapport.

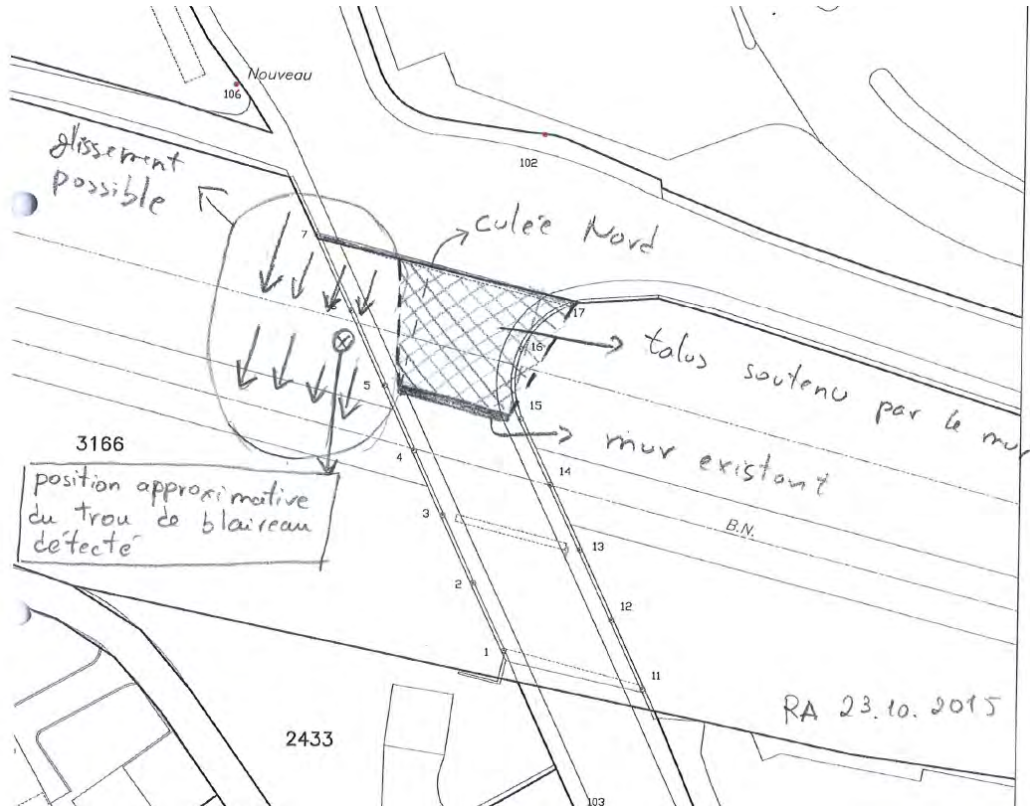
3. Documentation consultée

- [1] Etude géotechnique n° 77418 du 26 août 1977, établie par le bureau GEOTEST SA ;
- [2] Coupe longitudinale B-B n°401-46B du 9 octobre 1977 ;
- [3] Plan de situation variante dalle coulée sur place n°401-39 du 23 novembre 1977.
- [4] Plan de coffrage n° 401-66A, Pile Nord du 20 février 1978
- [5] Pont de Bellevue à Marin, Contrôle 40 to du 23 janvier 2001, établi par le bureau AJS ingénieurs civils ;
- [6] Pont de Bellevue à Marin, rapport d'inspection principale du 5 décembre 2014, établi par le bureau Mauler SA ;

4. Constats sur site

Nous avons procédé à une inspection locale de la culée et du talus Nord du pont Bellevue le 12 octobre 2015. Cette visite a permis de mettre en évidence certains aspects qui peuvent expliquer pourquoi des tassements ont été constatés uniquement au niveau de la partie Ouest de la culée Nord (ci-après « culée ») :

- i. Les piles du pont sont liées par un mur en béton d'une hauteur d'env. 4m qui soutient une grande partie du talus et la partie Est de la culée. Toutefois, son influence sur la partie Ouest de cette culée, où la pente du talus est plus forte, est très réduite (cf. schéma ci-après). N'étant pas couverte par le pont, cette zone non soutenue du talus est aussi plus exposée aux intempéries qui constituent aussi une potentielle source d'instabilité du terrain.
- ii. Un terrier de blaireau a été détecté sur le talus au Sud-Ouest de la culée (cf. schéma ci-après). La présence d'autres terriers ou l'extension de celui détecté n'a pas pu être investigué en raison de la végétation dense qui couvre le talus. En fonction du nombre de terriers existants et de leur profondeur, ceux-ci peuvent créer des vides importants dans le talus et conduire à des déformations.

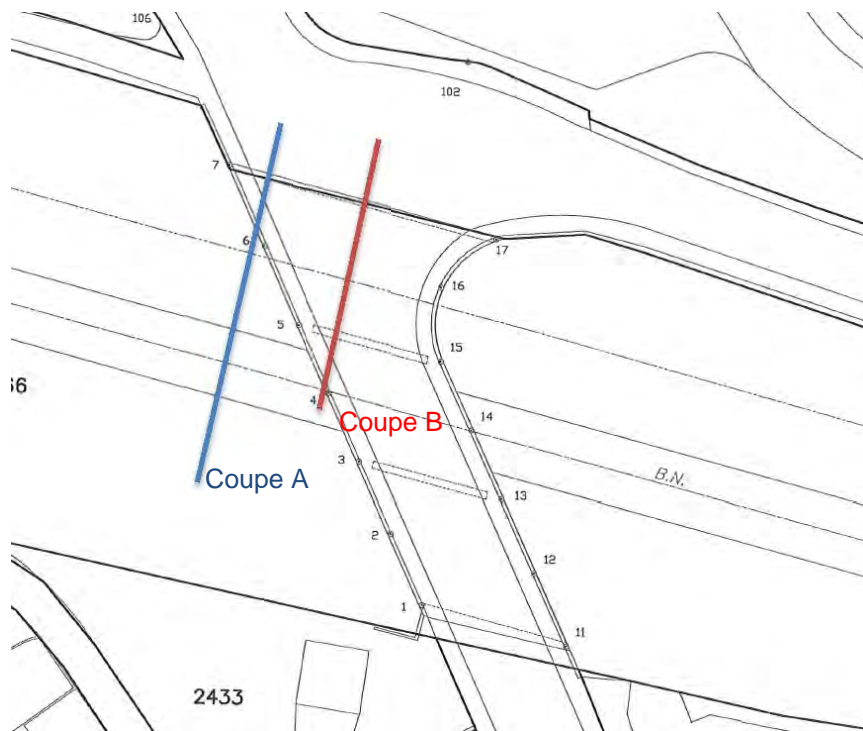


Analyse schématique du talus et de la culée Nord du pont Bellevue.

5. Calculs de stabilité

5.1 Bases de calcul

La stabilité globale (glissement) de la culée Nord a été analysée sur deux coupes de calcul dont la situation schématique est illustrée ci-dessous.



Situation schématique des coupes de calcul.

La géométrie de la coupe a été définie sur la base de notre inspection sur site et des plans d'exécution du pont [4], [5] et [6].

Sur la base de l'étude géotechnique [2], le talus est composé de moraine gravelo-sableuse moyennement compacte à compacte dont les caractéristiques géotechniques estimées probables et considérées dans les calculs sont indiqués dans le tableau ci-après. La moraine couvre la roche molassique composée par une alternance de passages marneux et gréseux. Le toit de la roche est rencontré à une profondeur d'env. 12m depuis la chaussée du pont.

	Unités	Moraine gravelo-sableuse
Masse vol. apparente, ρ	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	22
Angle de frottement eff. ϕ	[°]	35
Cohésion effective, c'	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	0

Valeurs géotechniques estimées probables.

Une surcharge de 75 kN/m^2 a été admise au niveau de fondation de la culée du pont. Cette surcharge a été calculée en considérant la réaction de l'appui I du pont (1160 kN selon le calcul de 2011 du contrôle [3]) répartie sur une longueur de 7 m et une largeur de semelle de 3 m , soit env. 55 kN/m^2 . A cette valeur a été rajouté le poids d'un mètre de remblais couvrant la semelle estimé à 20 kN/m^2 .

Les calculs de stabilité ont été réalisés avec le logiciel Larix-7 selon la méthode de Krey.

5.2 Résultats des calculs

i. Coupe A : Talus non soutenu par le mur existant

Deux calculs de stabilité ont été réalisés au droit de la coupe A, à savoir avec facteurs de sécurité partiels selon les normes SIA 261 et 267, respectivement sans ces facteurs de sécurité. Les résultats sont présentés dans les annexes 1 et 2 respectivement.

Pour le calcul avec facteurs de sécurité partiels (calcul selon les normes en vigueur), le facteur de sécurité obtenu est de 0.92 (cf. annexe 1). La marge de sécurité de la culée (ELU3) n'est par conséquent pas suffisante selon les normes actuelles.

Pour le calcul sans facteurs de sécurité partiels, le facteur de sécurité global obtenu est de 1.08 (cf. annexe 2). De ce fait, ce calcul ne met pas en évidence une rupture en considérant des valeurs géotechniques estimées probables.

ii. Coupe B : Talus soutenu par le mur existant

Un calcul de stabilité a été réalisé avec facteurs de sécurité partiels selon les normes SIA 261 et 267 au droit de la coupe B. D'après ce calcul, la stabilité de la culée est vérifiée avec un facteur de sécurité de 1.11 (cf. annexe 3) sur la zone du talus soutenu par le mur de soutènement.

6. Conclusions et recommandations

Les résultats des calculs de stabilité réalisés (cf. chap 5) montrent que la culée avec le talus Nord du pont ne présentent pas, dans sa partie Ouest (talus non soutenu), une sécurité suffisante vis-à-vis de sa stabilité globale (ELU3) selon les normes actuelles. Le déficit de sécurité ne conduit toutefois pas à une rupture étant donné le facteur de sécurité de 1.08 obtenu pour le calcul sans facteurs partiels de sécurité. Vis-à-vis de ces résultats nous considérons que le talus présente une stabilité précaire et que des phénomènes de reptation du terrain sont possibles.

Par ailleurs, les constats sur site indiqués dans le chap. 4, notamment la présence du mur de soutènement qui conduit à une amélioration importante de la stabilité cf. chap. 5 (coupe B), permettent d'expliquer pourquoi des tassements ont uniquement été observés sur la partie Ouest de la culée et pas sur sa partie Est.

Vis à-vis de ces résultats nous proposons dans un premier temps de procéder à une inspection détaillée du talus au Sud-Ouest de la culée Nord du pont suite à son défrichage afin de vérifier si d'une part d'autres terriers de blaireau existent et d'estimer leur ampleur et d'autre part de détecter d'éventuels signes de reptation. En fonction des résultats, la marche à suivre suivante afin de maîtriser le problème de tassements de la culée pourra être envisagée :

- a) Si une densité importante de terriers est rencontrée, qui puisse par elle-même expliquer le phénomène de tassements observé, nous recommandons de colmater ces terriers avec du coulis de ciment par exemple et de protéger le talus avec un treillis métallique ou du pavé perméable. Suite à ces travaux, un contrôle géométrique annuel du pont est recommandé afin de vérifier si la culée s'est stabilisée.

- b) Si des phénomènes de reptation ou une instabilité d'ensemble de la culée sont présumés être à l'origine des tassements il s'agira de stabiliser la culée vis-à-vis de cette problématique. Nous recommandons dans ce cas de reporter les charges de sa moitié Ouest directement sur la roche molasique par moyen de micropieux. Le toit du rocher est estimé à une profondeur de 6m à 8m depuis le niveau de fondation de la culée. Alternativement, la construction d'un mur de soutènement (béton armé / gabions) en pied du talus pourra aussi être envisagée. Cette solution est toutefois jugée d'exécution difficile en raison la circulation ferroviaire existante en aval

2215107.1
Marin Pont Bellevue géotechnique
Avis géotechnique

du talus (place de travail limitée et mesures de sécurité importantes nécessaires).

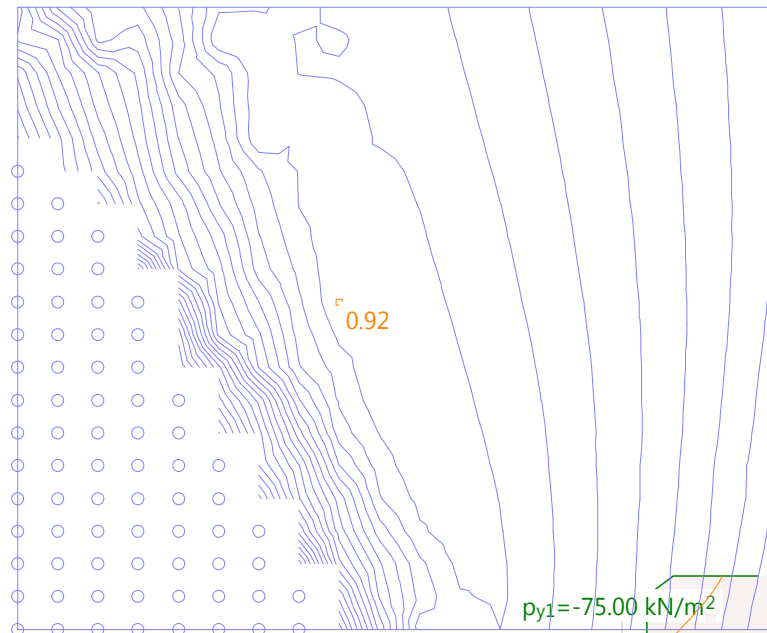
GEOTEST SA


Marc-André Dubath


Rui Assunção

Chargement Ch
Enveloppes: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive

Échelle 1 :500.0 (-55.94,-22.81..65.49,50.04)



dF = 0.44
F = 0.92 - 9.71
'Méthode: Krey itérative'

M1: Moraine graveleuse
 $\varphi=35.00^\circ \gamma=22.00 \text{ kN/m}^3$

M2: Molasse
 $\varphi=20.00^\circ \gamma=20.00 \text{ kN/m}^3 c=100.00 \text{ kN/m}^2$

FACTEURS ET PARAMÈTRES

Facteurs de résistance (1)

Nom	EL U 1 [-]	EL U 2 [-]	EL U 3 [-]	ÉL S [-]	Global [-]
Ancrage précontraint		1.35	1.35		1.00
Résistance au cisaillement		1.30	1.30		1.00
Élément adhérent		1.35	1.35		1.00
Angle de frottement interne $\gamma_{M\phi}$		1.20	1.20		1.00
Cohésion γ_{Mc}		1.50	1.50		1.00

Paramètres de calcul (1)

Nom	EL U 1	EL U 2	EL U 3	ÉL S	Global	
Facteur partiel Résistance ultime γ_R		1.000	1.000		1.000	-

Actions (1)

Nom	Type	Lot	EL Type 1		EL Type 2		EL Type 3		Ψ_0 [-]
			γ [-]	γ_{inf} [-]	γ [-]	γ_{inf} [-]	γ [-]	γ_{inf} [-]	
Poids propre	Constant		1.10	0.90	1.35	1.00	1.00	1.00	
Surcharges	Constant		1.10	0.90	1.35	0.80	1.00	1.00	

EL Type 1 : État-limite type 1
 EL Type 2 : État-limite type 2
 EL Type 3 : État-limite type 3
 : Coefficient de réduction

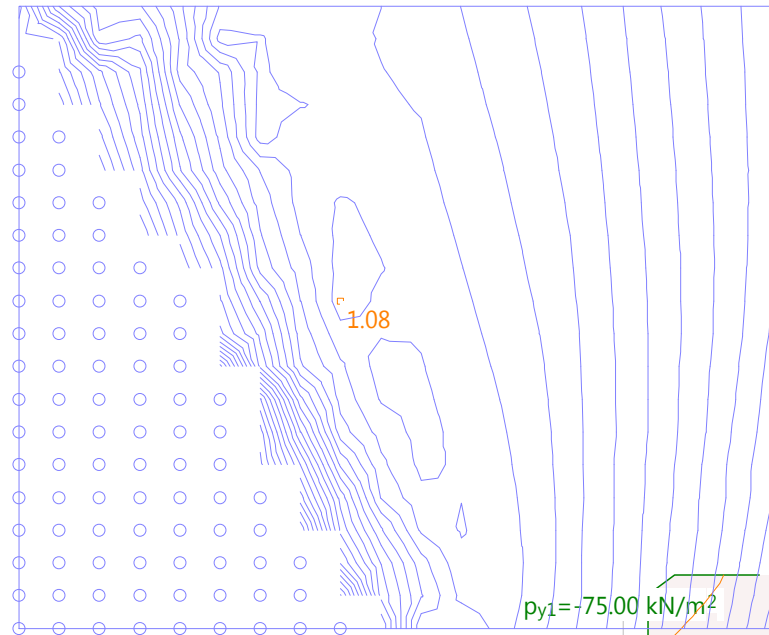
Actions (2)

Nom	ψ -Coefficient		u
	Ψ_1 [-]	Ψ_2 [-]	
Poids propre			Oui
Surcharges			Oui

ψ -Coefficient : Coefficient de réduction
 u : Le chargement est utilisé

Chargement Ch
Enveloppes: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive

Échelle 1 :500.0 (-51.99,-22.81..76.51,50.04)



dF = 0.44
F = 1.08 - 9.81
'Méthode: Krey itérative'

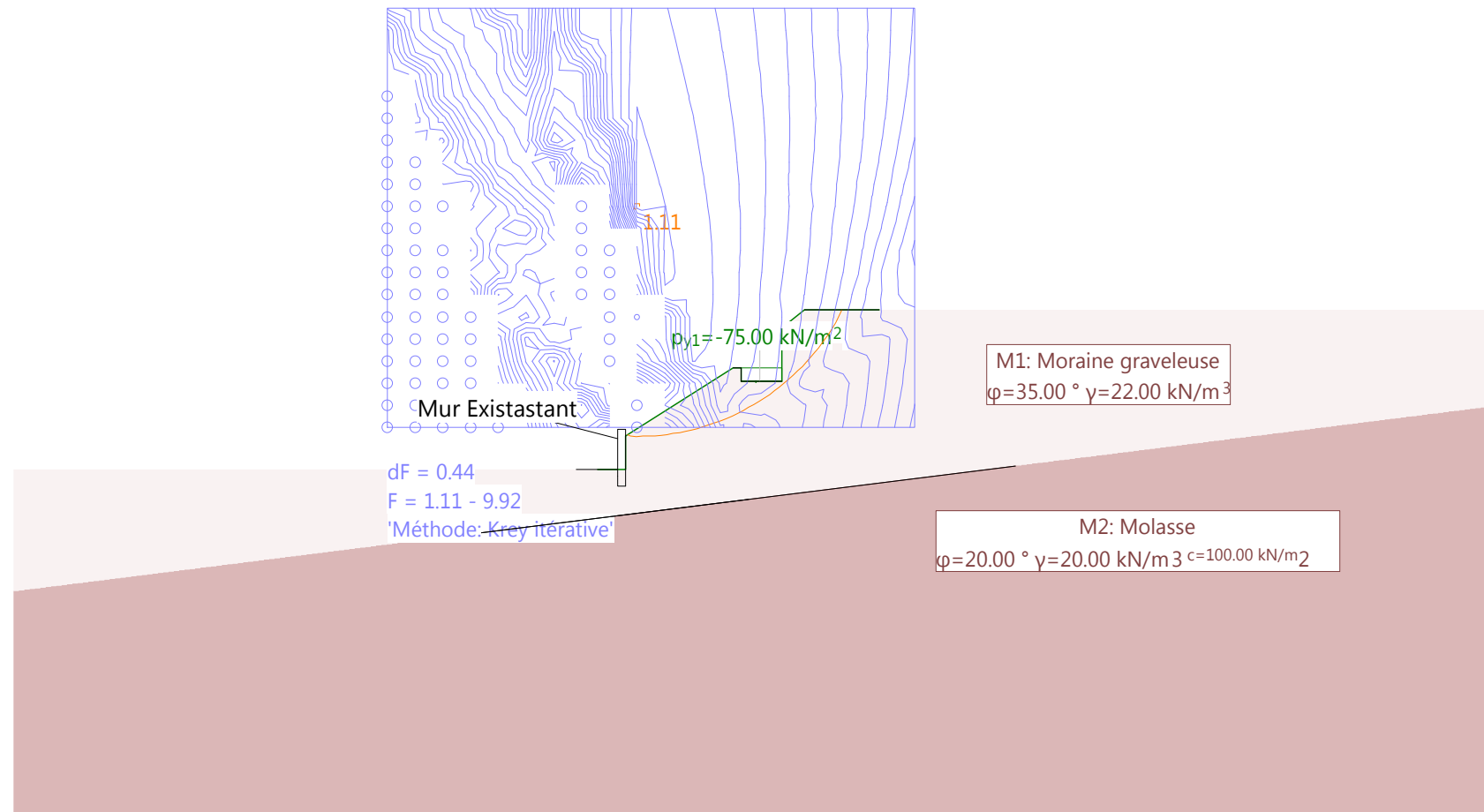
M1: Moraine graveleuse
 $\phi = 35.00^\circ$ $\gamma = 22.00 \text{ kN/m}^3$

M2: Molasse
 $\phi = 20.00^\circ$ $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$ $c = 100.00 \text{ kN/m}^2$

Chargement Ch

!ÉL Ultime type 3, CA 1: Ligne de glissement déterminante, Définition avec centres et ligne coercitive

Échelle 1 :500.0



Rapport n° 2215107.3

Rui Assunção

Commune de la Tène

Marin, Pont Bellevue

Rapport d'inspection du talus

Le Mont-sur-Lausanne, le 3 février 2016

GEOTEST SA
EN BUDRON E7
CH-1052 LE MONT-SUR-
LAUSANNE
T + 41 (0)21 731 09 20
F + 41 (0)21 731 09 30
lausanne@geotest.ch
www.geotest.ch

Table des matières

1.	Introduction	3
1.1	Mandat	3
1.2	But de l'inspection	3
2.	Documentation	3
3.	Résultats de l'inspection	4
4.	Conclusion et recommandations	5

Liste d'annexes

Annexe 1 : Inspection du talus – Situation des relevés 1 :500

Annexe 2 : Photographies

1. Introduction

1.1 Mandat

Maître de l'ouvrage et mandant: Commune de la Tène

Ingénieur : Infra Service et Ingénierie SA

Description sommaire du mandat: Evaluation géotechnique de la stabilité de la culée Nord-Ouest du pont Bellevue à Marin et inspection du talus présumé instable.

1.2 But de l'inspection

Lors de notre avis géotechnique [2], la réalisation d'une inspection détaillée du talus situé au Sud-Ouest de la culée Nord du pont Bellevue suite à son défrichage a été recommandée.

Cette inspection a comme but d'examiner en particulier les aspects suivants :

- Vérifier si des terriers sont présents dans le talus, pouvant expliquer le phénomène de tassement de la culée observé par une éventuelle décompression du terrain de fondation.
- Vérifier la présence de signes de déformation du talus pouvant indiquer un phénomène de glissement des terrains.

Selon la demande du bureau Infra Service et Ingénierie SA, le bureau GEOTEST a réalisé cette inspection le 29.01.2016. Les résultats et nos recommandations font l'objet du présent rapport.

2. Documentation

- [1] Migros Marin, Pont «En Pellu », Etude géotechnique, rapport n° 77418, GEOTEST SA, 26 août 1977
- [2] Marin, Pont Bellevue, Avis géotechnique, rapport n° 2215107.1, GEOTEST SA, 17 novembre 2015

3. Résultats de l'inspection

L'inspection réalisée concerne le talus situé au Sud-Ouest de la culée Nord du pont Bellevue, zone du talus présumée instable et présentant un potentiel risque de glissement selon notre rapport [2].

Lors de cette inspection, un total de 3 gueules de terriers ont été repérées, dont la situation est indiquée dans l'annexe 1. Devant ceux-ci, des dômes de terrain remanié composés par des rejets de la creuse des terriers sont clairement visibles et conduisent à une pente irrégulière du talus. Les terrains composant ces dômes sont de nature sableuse, ce qui est en accord avec la description de notre rapport [1] (terrains morainiques gravelo-sableux). L'extension souterraine des terriers est difficile à estimer. Nous considérons toutefois possible que ceux-ci se prolongent sur plusieurs mètres pouvant conduire à une certaine décompression des terrains et à des tassements subséquents de la culée du pont.

La présence d'une vieille conduite cassée (tuyau ciment Ø110) émergeant du talus a également été constatée (cf. annexe 1 et Photo 1 de l'annexe 2). Des phénomènes d'érosion ont créé une dépression des terrains autour de cette conduite, attestant que de l'eau parvient parfois dans cette conduite (éventuellement un drain).

Aucun signe clair d'instabilité globale du talus (forme du talus, déformations, fissures) n'a été rencontré. Un phénomène de glissement en profondeur du talus n'a par conséquent pas été mis en évidence par l'inspection réalisée.

En revanche, nous avons pu observer une légère érosion de la surface du talus qui a conduit, en particulier, à une accumulation de matériaux vers la ligne CFF en pied de talus (cf. annexe 1 et Photo 3 de l'annexe 2). Ce phénomène d'érosion a probablement aussi conduit au déplacement et à la rotation de plusieurs pavés existants sous le pont. Etant un phénomène essentiellement de surface, cette érosion n'est toutefois pas jugée être directement liée au tassement observé dans la partie ouest de la culée. Ce phénomène d'érosion ne se développe par de manière importante vers l'ouest du talus en raison de la présence d'un muret en pierres à son pied (cf. annexe 1).

4. Conclusion et recommandations

L'inspection du talus Sud-Ouest de la culée Nord du pont Bellevue n'a pas révélé d'indices visuels d'une instabilité du talus vis-à-vis d'un phénomène de glissement de terrain profond pouvant expliquer le tassement de la culée. Nous considérons par ailleurs que les terriers observés peuvent, selon leur ampleur en souterrain, avoir contribué à ce tassement par la décompression du terrain de fondation de la culée.

Compte tenu de ces résultats, nous considérons que des solutions onéreuses de renforcement de la fondation de la culée vis-à-vis d'un phénomène d'instabilité des terrains de fondation (par ex. micropieux) ne sont pas à ce stade justifiées. Nous proposons alternativement et dans un premier temps que les travaux de confortation de la culée du pont Bellevue passent par une remise en état du talus affecté par les terriers. Cette remise en état devra comprendre un colmatage des terriers avec des injections au coulis de ciment et une protection du talus, par exemple avec un treillis métallique ou du pavé perméable, suite à la régularisation de sa pente. Une prolongation du muret en pierres existant à l'Ouest du pied du talus jusqu'au pilier du pont est aussi recommandée. Ceci permettra de limiter les problèmes d'érosion superficielle du talus. Un contrôle géométrique annuel du pont sera par la suite nécessaire afin de vérifier si la culée est stable.

GEOTEST SA


Marc-André Dubath


Rui Assunção

Inspection du talus - Situation des relevés 1 : 500



Mandat Nr.:	2215107.3
Object:	Marin, Pont Bellevue
Partie:	Talus situé au Sud-Ouest de la culée Nord
Annexe :	2

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GEOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

Inspection du talus - Photographies



Photo 1

Conduite cassée existante.



Photo 2

Deux terriers avoisinants (vue depuis la culée Nord du pont)



Photo 3

Accumulation de terrain érodé en pied du talus (vue depuis le piler du pont).

Rapport n° 2215107.2

Christophe Gosselin

Commune de la Tène, Marin-Epagnier

Marin Pont Bellevue

Investigations d'ouvrage

Le Mont-sur-Lausanne, le 23 novembre 2015

GEOTEST SA
EN BUDRON E7
CH-1052 LE MONT-SUR-
LAUSANNE
T + 41 (0)21 731 09 20
F + 41 (0)21 731 09 30
lausanne@geotest.ch
www.geotest.ch

Table des matières

1.	Introduction.....	3
1.1.	Mandat	3
1.2.	Objet.....	3
1.3.	But de l'étude	4
2.	Références	4
3.	Travaux effectués.....	5
4.	Résultats d'investigation	6
4.1.	Localisation des échantillons et relevé visuel	6
4.2.	Mesure d'enrobage des armatures	6
4.3.	Teneur en chlorures	7
4.4.	Profondeur de carbonatation du béton	8
5.	Synthèse	8

1. Introduction

1.1. Mandat

Mandant : Commune de la Tène
Ingénieur : Infra Service et Ingénierie SA
Offre : 2215107.1 du 14.09.2015
Commande : Commande FM/mb/23 du 24.09.2015

1.2. Objet

Site : Pont Bellevue à Marin
Coordonnées : 567'000 / 206'650



Situation de l'ouvrage (map.geo.admin.ch)

1.3. But de l'étude

L'objet de la présente étude est le relevé d'état de la structure en béton armé du pont Bellevue à Marin, dans des zones sélectionnées de l'ouvrage (bordure, culée, tablier, pile). Le relevé d'état consiste à évaluer le risque de corrosion des armatures et de pollution du béton sur la base de la mesure statistique d'enrobage des armatures ainsi que la mesure de la teneur en chlorures du béton.

Le présent rapport a pour but de fournir les données de base (disposition constructives des armatures, risque par rapport à la dégradation chimique du béton et à la corrosion des armatures), au bureau Infra Service et Ingénierie SA chargé du projet d'assainissement de l'ouvrage.

2. Références

Normes et directives :

- [1] Norme SIA 262 "*Construction en béton*", Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2003
- [2] Norme SIA 269 "*Base pour la maintenance des structures porteuses*", Société suisse des ingénieurs et des architectes, janvier 2011
- [3] Norme SIA 269/2 "*Maintenance des structures porteuses – Structures en béton*", Société suisse des ingénieurs et des architectes, janvier 2011
- [4] Norme SN EN 206-1 "*Béton Partie 1 : Spécification, performance, production et conformité* », 2000

Plans

- [5] Allemand Jeanneret Schmid SA, élévation variante dalle coulée sur place, 1977

3. Travaux effectués

Désignation des travaux d'inspection	Résultats
Sondages, prélèvements et mesures le 03.11.2015	-
Plan de localisation des essais et mesures + photos sondages	Annexe 1
Mesure d'enrobage des armatures	Annexe 2
Teneur en chlorures du béton	Annexe 3
Profondeur de carbonatation	Annexe 4
Rapport de synthèse	-

4. Résultats d'investigation

4.1. Localisation des échantillons et relevé visuel

L'**annexe 1** donne la localisation des prélèvements et mesures réalisés sur l'ouvrage ainsi qu'un relevé visuel des surfaces investiguées.

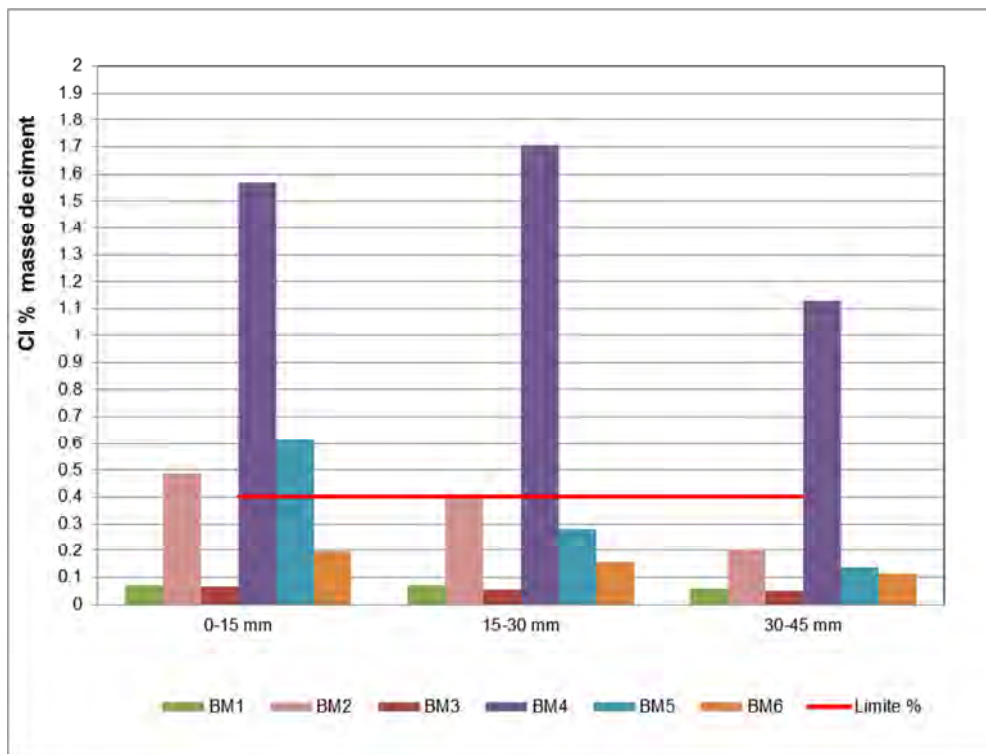
4.2. Mesure d'enrobage des armatures

Les mesures d'enrobage d'armatures, réalisées sur les parties d'ouvrage concernées, sont données dans l'**annexe 2** et résumées dans le tableau ci-dessous.

Eléments et disposition des armatures	Enrobage (mm)	Ecartement (mm)
Bordure ouest (BM1) - face supérieure		
⊥ axe de la bordure	24±5	145
// axe de la bordure	46±11	152
Mur culée nord (BM2) - centre (proche fissure verticale)		
Verticales	34±4	150
Horizontales	62±12	141
Mur en aile culée nord (BM3) - face ouest, vers fissuration		
Verticales	33±19	80
Horizontales	28±9	140
Mur culée sud (BM4) - proche appui ouest		
Verticales	31±5	135
Horizontales	49±18	123
Tablier sous-face (BM5) - vers extrémité sud ouest		
⊥ axe du tablier	48±12	83
// axe du tablier	28±4	133
Pile nord ouest (BM6) - face voies, à 4 m de hauteur depuis ballast		
Verticales	35±4	147
Horizontales	26±2	127

4.3. Teneur en chlorures

Les profondeurs de pénétration des chlorures sont données en **annexe 3**. Le risque de corrosion est évalué, selon la norme SIA 269/2, sur la base de la teneur limite en chlorures libres de 0.4% de la masse de ciment, au-delà de laquelle la probabilité de corrosion est à considérer.



Teneur en chlorures dans le béton sur les analyses BM1 à BM6

L'ensemble des résultats montre que la teneur en chlorures est proche ou supérieure à la limite critique de 0.4% de la masse de ciment dans les éléments suivants :

- Mur culée nord (BM2), sur 30 mm de profondeur
- Mur culée sud (BM4) sur au moins 45 mm de profondeur
- Tablier sous-face (BM5) sur au moins 15 mm de profondeur

4.4. Profondeur de carbonatation du béton

L'**annexe 4** donne la profondeur de carbonatation du béton mesurée dans les 6 forages. L'ensemble des résultats montre que la profondeur maximale de carbonatation du béton est comprise entre 10 et 15 mm dans les éléments suivants sauf pour la bordure (BM1) et le mur en aile ouest de la culée Nord (BM3).

5. Synthèse

La présente étude a pour but de fournir les données de base sur l'état de conservation (position, recouvrement, degré de corrosion des armatures, risque de corrosion des armatures par chlorures et carbonatation du béton) des principaux éléments du pont Bellevue à Marin.

Les principales données issues des six zones d'investigations ainsi que le risque de corrosion des armatures sont résumées dans le tableau suivant. L'analyse de risque de corrosion par chlorures et carbonatation est également proposée en fonction de l'enrobage statistique, de la profondeur de carbonatation et de pénétration des chlorures.

Sur la base des sondages réalisés, l'analyse de risque de corrosion montre que les deux murs de culées sud et nord sont les principaux éléments soumis à risque de corrosion par chlorures.

Pour la culée nord, qui présente une fissuration importante (stabilité globale, cf. rapport GEOTEST 2215107.1), et selon le concept retenu pour la reconstruction du mur, un assainissement du béton d'enrobage est à prévoir avec élimination de la couche contaminée par les chlorures (> 30 mm) et recréation d'un béton d'enrobage.

Pour la culée sud, la contamination par les chlorures sur mur de culée est supérieure à 45 mm et le risque de corrosion concerne à la fois les armatures verticales et horizontales. Une purge du béton et la création d'un nouveau béton d'enrobage sont recommandés.

Elément	Enrobage moyen et des armatures selon axe (mm)	Risque de corrosion par <u>chlorures</u> (% d'armatures concernées ***)	Risque de corrosion par <u>carbonatation</u> (% d'armatures concernées ***)
Bordure ouest	⊥ axe 24±5	Risque faible - 0%	Risque faible - 0%
	// axe 46±11		
Mur culée nord	Verticales 34±4	Risque moyen - 14%	Risque faible - 0%
	Horizontales 62±12		
Mur en aile culée nord	Verticales 33±19	Risque faible - 0%	Risque faible - 0%
	Horizontales 28±9		
Mur culée sud	Verticales 31±5	Risque moyen - 93%	Risque faible - 0%
	Horizontales 49±18		
Tablier sous-face	⊥ axe 48±12	Risque faible - 0%	Risque faible - 0%
	// axe 28±4		
Pile nord ouest	Verticales 35±4	Risque faible - 0%	Risque faible - 0%
	Horizontales 26±2		

*** % basé sur l'ensemble des armatures détectées (courbe de fréquence cumulée de l'annexe 3).

GEOTEST SA

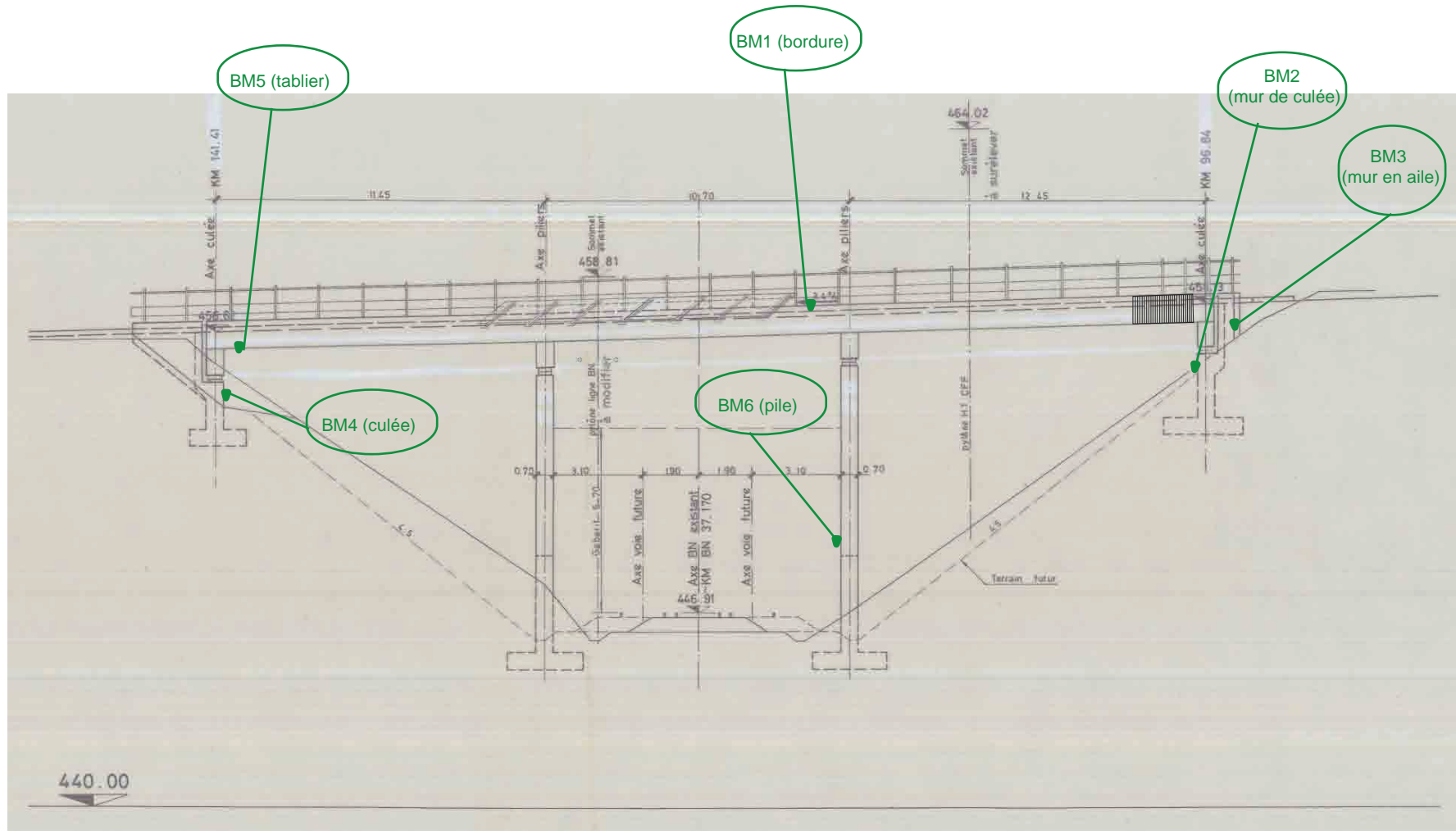
Marc-André Dubath

Christophe Gosselin

Annexe 1

Localisation des mesures et prélèvements

Relevé visuel



● Mesure statistique enrobage
 Prélèvement pour analyse chlorures (15-30-45mm)
 Profondeur de carbonatation

Pont Bellevue	
Projet N.	2215107
Version	1
Date	24.11.2015
Auteur	V. Chaillet
Vérifié par	C. Gosselin

Marin-Epagnier
Pont Bellevue

Investigations Béton Armé
Localisation des prélèvements et mesures

GEOTEST GEOLOGIE / INGENIERIE /
 GEOPHYSIQUE /
 ENVIRONNEMENT

selon plan
 Allemand Jeanneret Schmid SA

Annexe
1

Mandat Nr.:	2215107.2	Date de visite:	05.11.2015	GEOTEST GEOLOGIE / INGENIERIE / GEOPHYSIQUE / ENVIRONNEMENT
Objet:	Marin Pont Bellevue			
Elément:	Béton armé			
Visa:	CG			

Documentation photographique

Photo n°1



Bordure ouest - Zone de sondage BM1

Mandat Nr.:	2215107.2	Date de visite:	05.11.2015	GEOTEST GEOLOGIE / INGENIERIE / GEOPHYSIQUE / ENVIRONNEMENT
Objet:	Marin Pont Bellevue			
Elément:	Béton armé			
Visa:	CG			

Documentation photographique

Photo n°2



Culée nord - Zone de sondage BM2

Mandat Nr.:	2215107.2	Date de visite:	05.11.2015	GEOTEST GEOLOGIE / INGENIERIE / GEOPHYSIQUE / ENVIRONNEMENT
Objet:	Marin Pont Bellevue			
Elément:	Béton armé			
Visa:	CG			

Documentation photographique

Photo n°3



Culée nord mur en aile ouest- Zone de sondage BM3

Mandat Nr.:	2215107.2	Date de visite:	05.11.2015	GEOTEST GEOLOGIE / INGENIERIE / GEOPHYSIQUE / ENVIRONNEMENT
Objet:	Marin Pont Bellevue			
Elément:	Béton armé			
Visa:	CG			

Documentation photographique

Photo n°4



Culée sud - Zone de sondage BM4

Mandat Nr.:	2215107.2	Date de visite:	05.11.2015	GEOTEST GEOLOGIE / INGENIERIE / GEOPHYSIQUE / ENVIRONNEMENT
Objet:	Marin Pont Bellevue			
Elément:	Béton armé			
Visa:	CG			

Documentation photographique

Photo n°5



Tablier côté sud ouest- Zone de sondage BM5

Mandat Nr.:	2215107.2	Date de visite:	05.11.2015	GEOTEST GEOLOGIE / INGENIERIE / GEOPHYSIQUE / ENVIRONNEMENT
Objet:	Marin Pont Bellevue			
Elément:	Béton armé			
Visa:	CG			

Documentation photographique

Photo n°6



Pile nord ouest face voies BLS - Zone de sondage BM6

Annexe 2

Enrobage des armatures

Mandat N°: 2215107.2	Date : 16.11.2015
Objet : Pont Bellevue Marin	
Ouvrage : Superstructure	
Vérification : CG	Date de mesure : 05.11.2015

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GÉOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

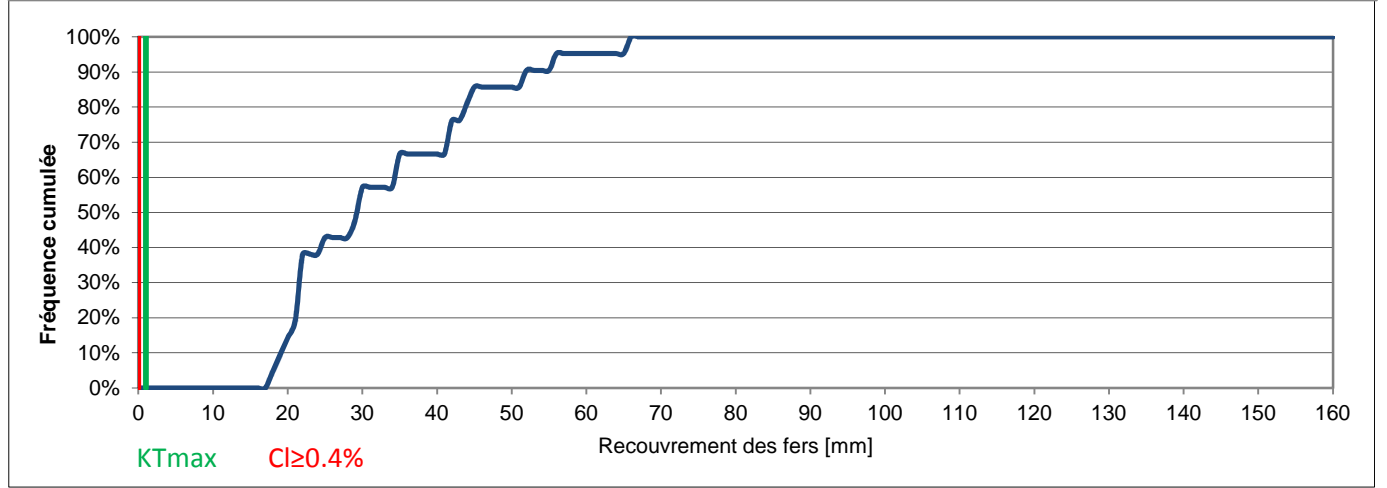
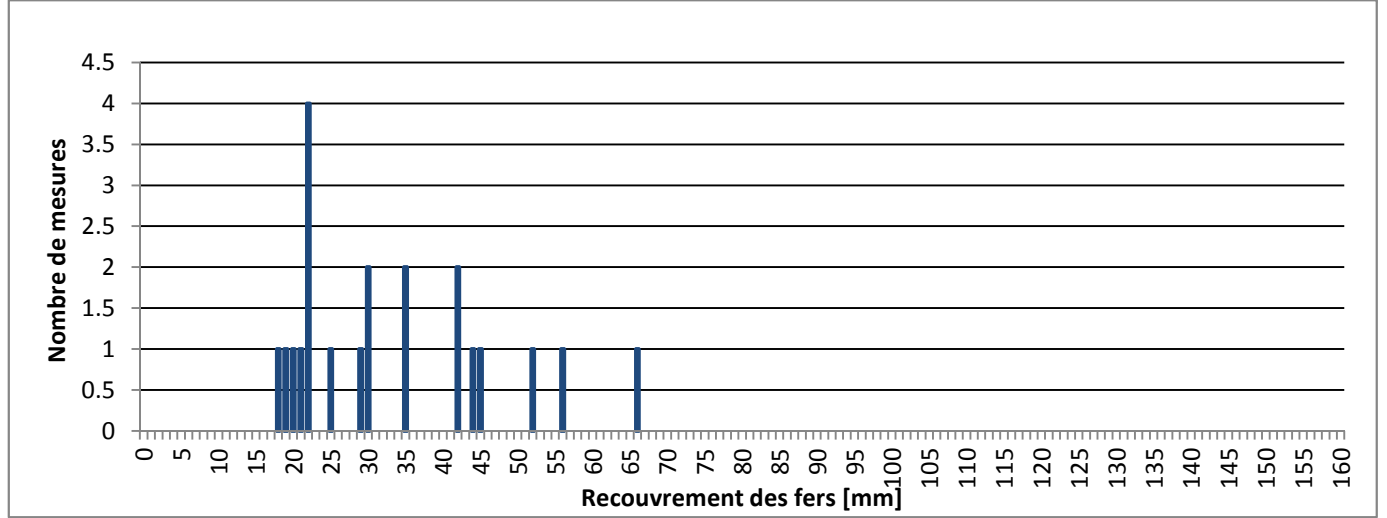
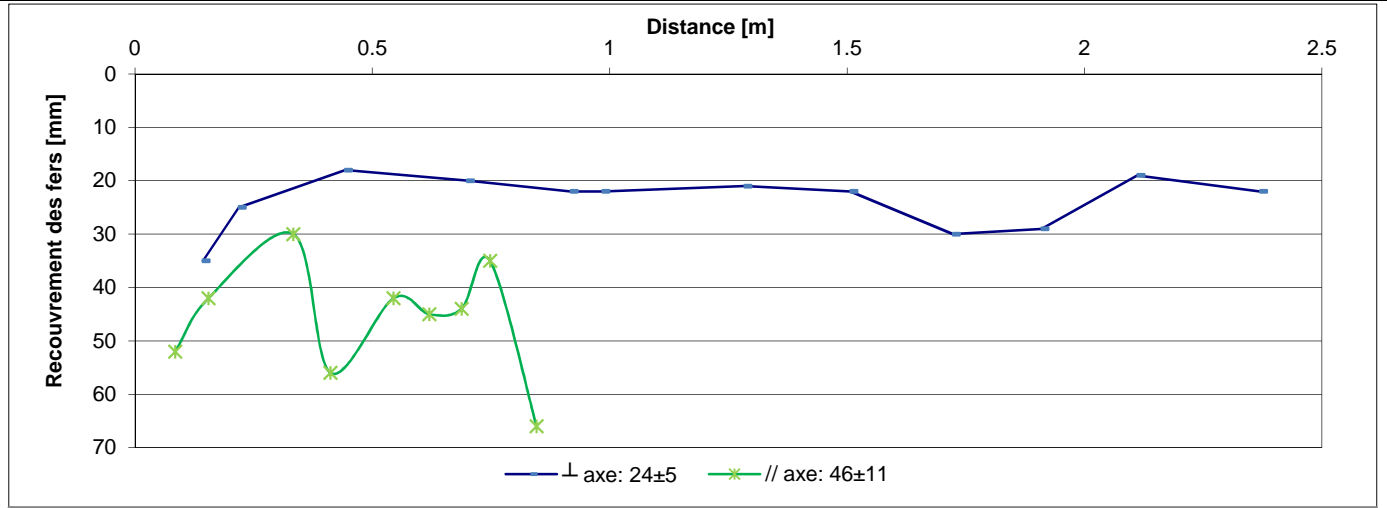
Essai sur béton armé Enrobage des fers d'armature



mesuré avec Ferroskan PS 200

Analyse accréditée, procédure interne

Conditions de mesure :	Fers // et ⊥ axe	Elément : Bordure ouest (BM1)
Enrobage [mm] :	min: 18	max: 66
		Moyenne : 33 ± 14 [mm]
Ecart. [mm] :	⊥ axe: 186 [mm]	// axe: 85 [mm]



Remarques : L'enrobage de chaque série est indiqué dans la légende du graphique du haut.

Mandat N°: 2215107.2	Date : 16.11.2015
Objet : Pont Bellevue Marin	
Ouvrage : Superstructure	
Vérification : CG	Date de mesure : 05.11.2015

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GÉOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

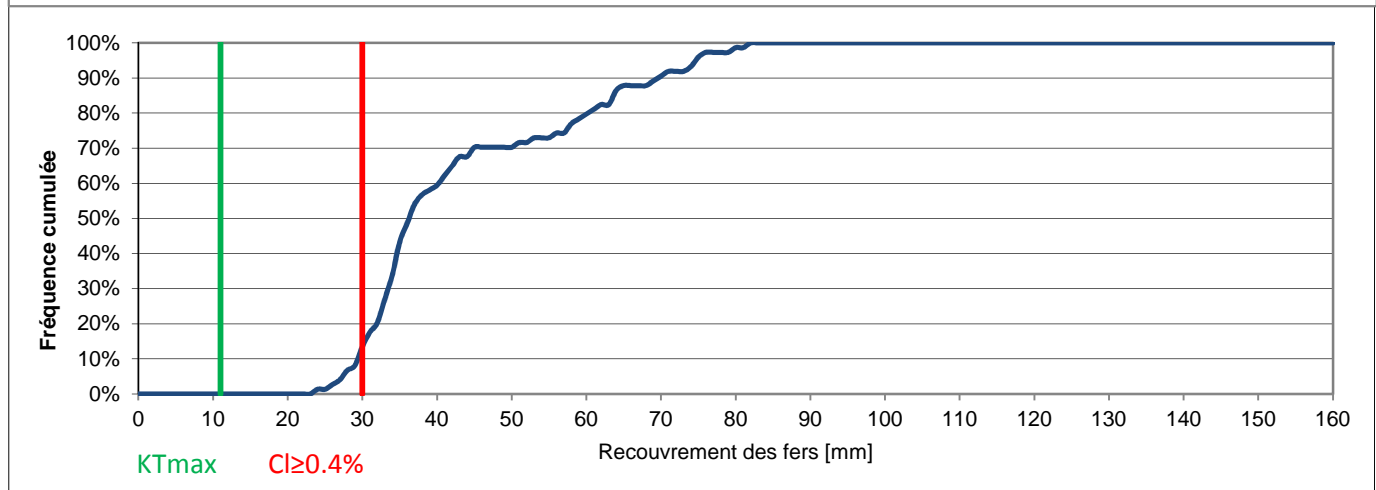
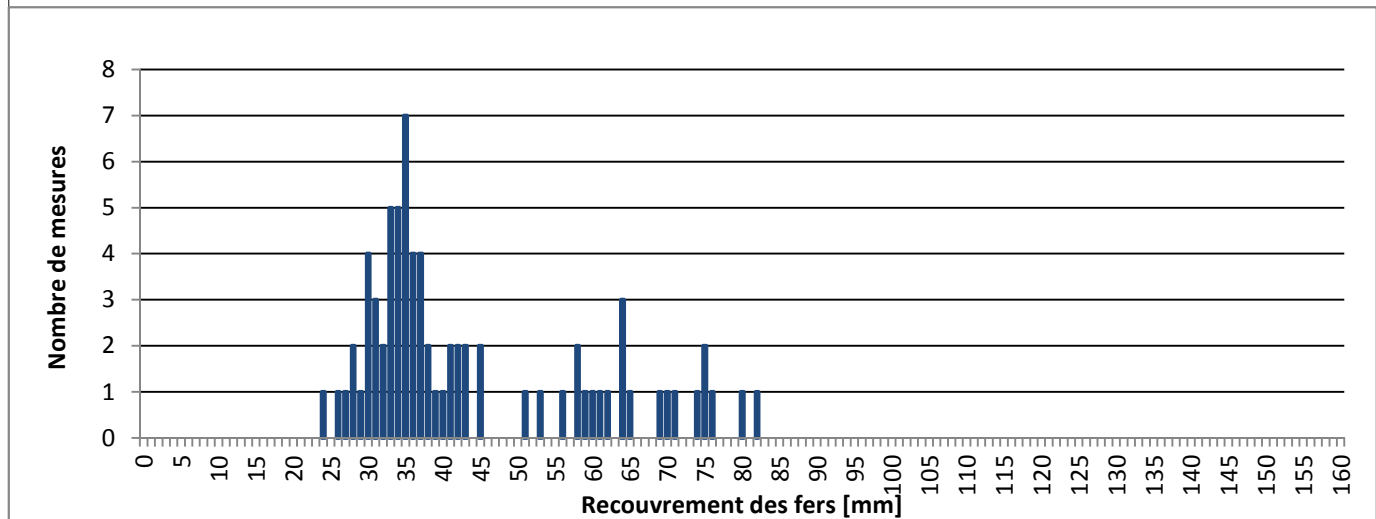
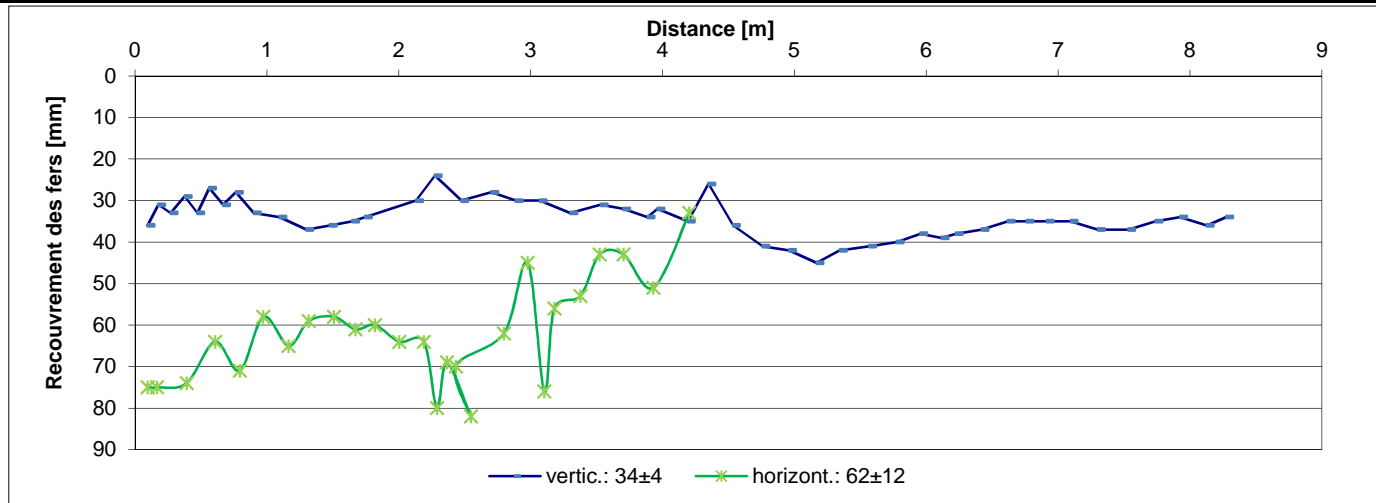
Essai sur béton armé Enrobage des fers d'armature

mesuré avec Ferroskan PS 200

Analyse accréditée, procédure interne



Conditions de mesure :	Fers horizontaux + verticaux	Elément : Mur culée nord (BM2)
Enrobage [mm] :	min: 24 max: 82	Moyenne : 44 ± 16 [mm]
Ecart. [mm] :	vertic.: 170 [mm]	horizont.: 158 [mm]



Remarques : L'enrobage de chaque série est indiqué dans la légende du graphique du haut.

Mandat N°: 2215107.2	Date : 16.11.2015
Objet : Pont Bellevue Marin	
Ouvrage : Superstructure	
Vérification : CG	Date de mesure : 05.11.2015

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GÉOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

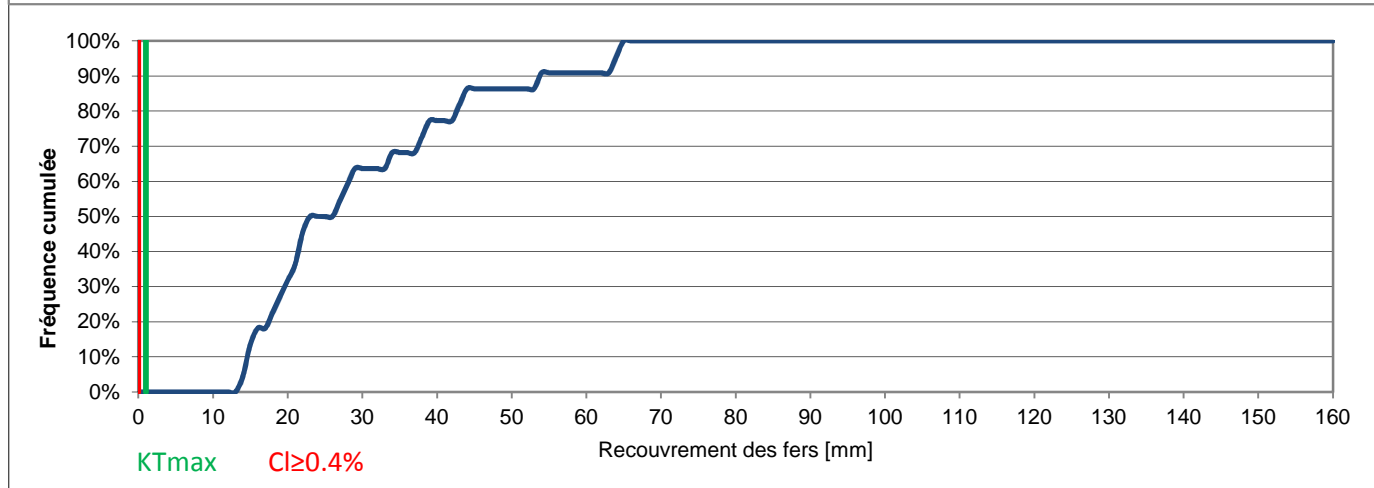
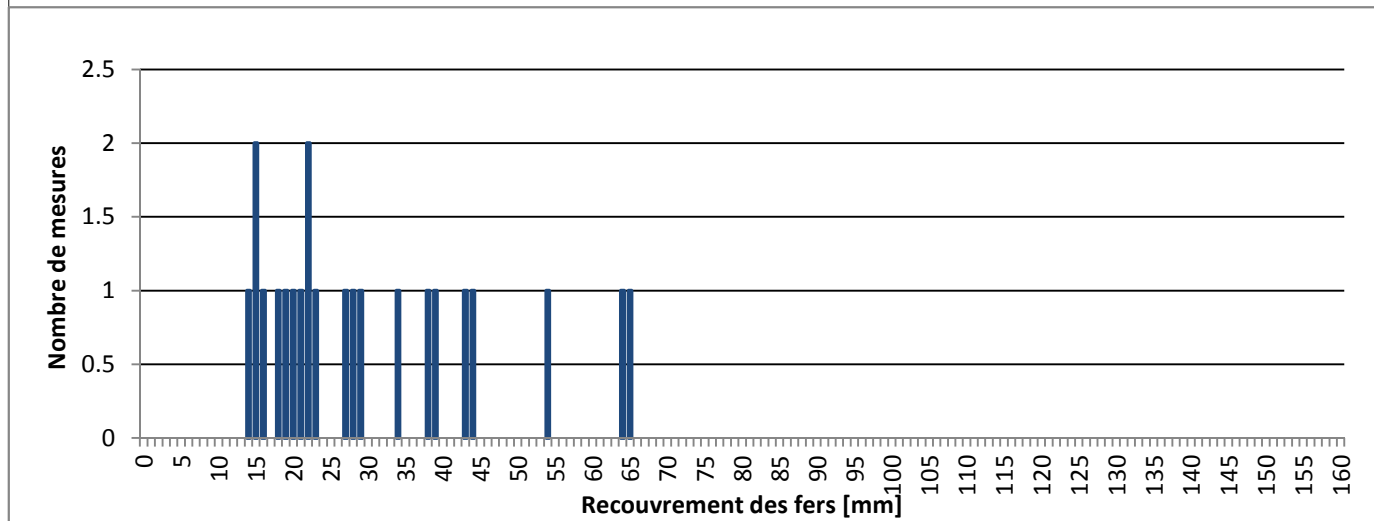
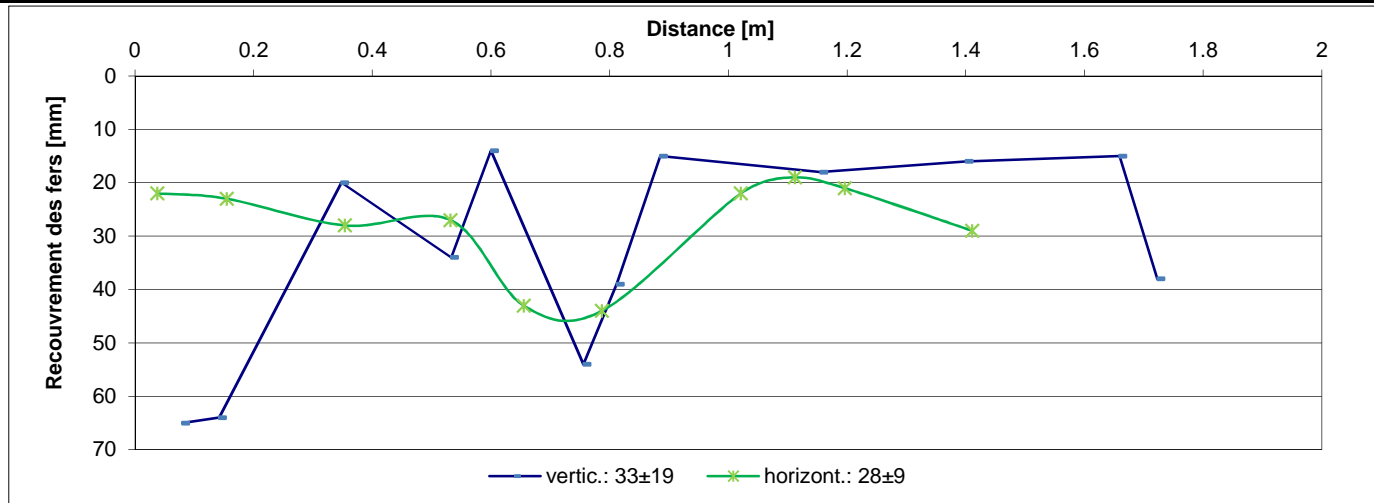
Essai sur béton armé Enrobage des fers d'armature

mesuré avec Ferroskan PS 200

Analyse accréditée, procédure interne



Conditions de mesure :		Fers horizontaux + verticaux	Elément : Mur en aile culée nord (BM3)
Enrobage [mm] :		min: 14	max: 65
		Moyenne : 30 ± 15 [mm]	
Ecart. [mm] :	vertic.: 137 [mm]	horizont.: 137 [mm]	



Remarques : L'enrobage de chaque série est indiqué dans la légende du graphique du haut.

Mandat N°: 2215107.2	Date : 16.11.2015
Objet : Pont Bellevue Marin	
Ouvrage : Superstructure	
Vérification : CG	Date de mesure : 05.11.2015

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GÉOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

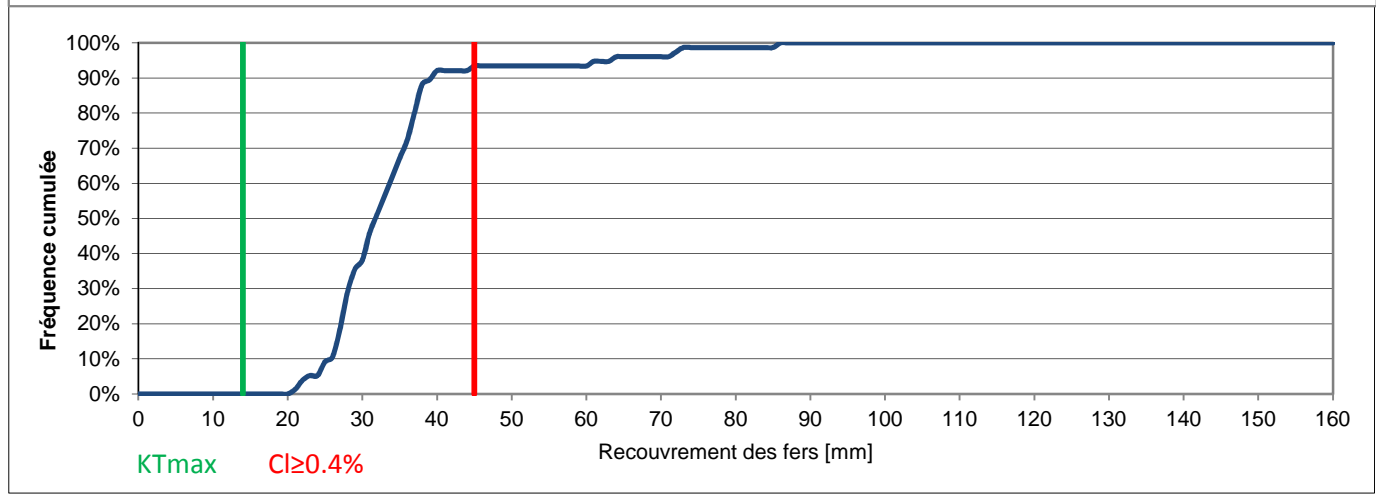
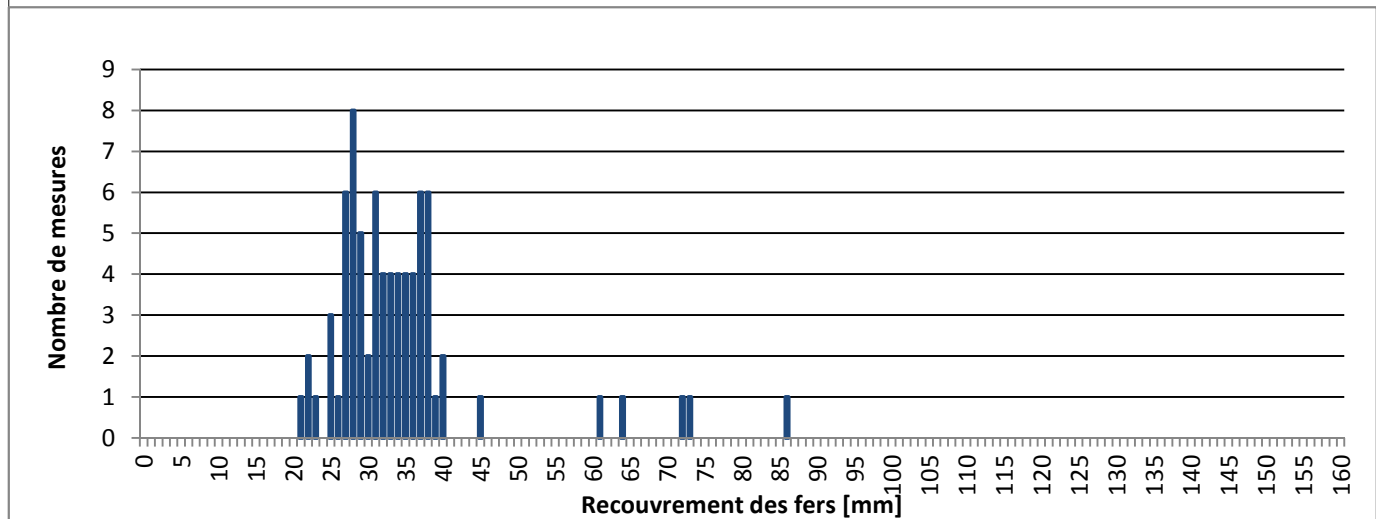
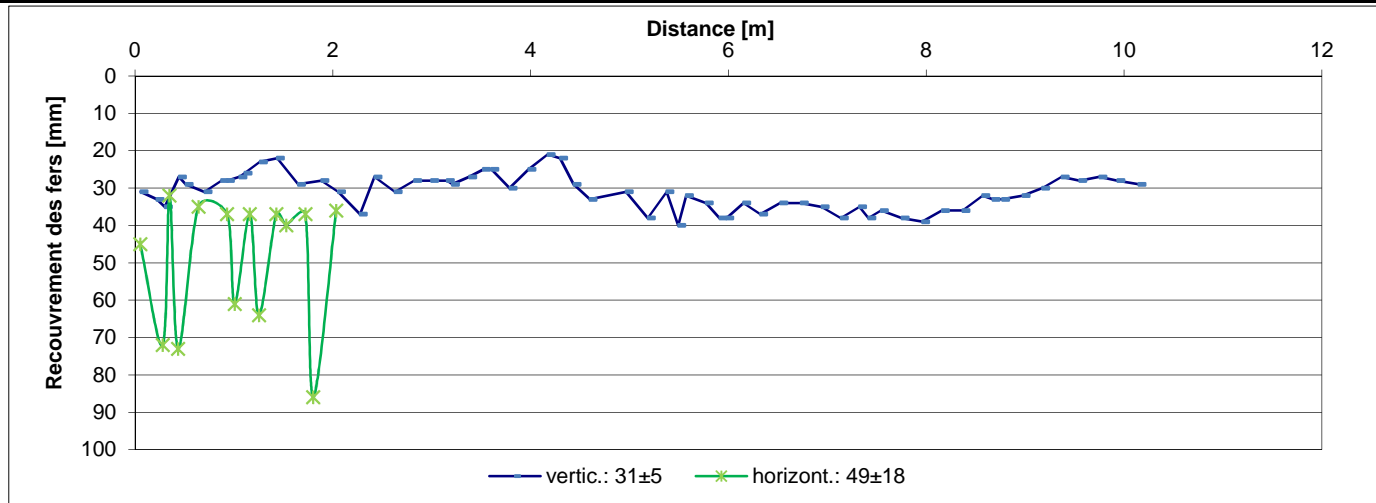
Essai sur béton armé Enrobage des fers d'armature

mesuré avec Ferroskan PS 200

Analyse accréditée, procédure interne



Conditions de mesure :	Fers horizontaux + verticaux	Elément : Mur culée sud (BM4)
Enrobage [mm] :	min: 21 max: 86	Moyenne : 34 ± 11 [mm]
Ecart. [mm] :	vertic.: 163 [mm]	horizont.: 142 [mm]



Remarques : L'enrobage de chaque série est indiqué dans la légende du graphique du haut.

Mandat N°: 2215107.2	Date : 16.11.2015
Objet : Pont Bellevue Marin	
Ouvrage : Superstructure	
Vérification : CG	Date de mesure : 05.11.2015

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GEOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

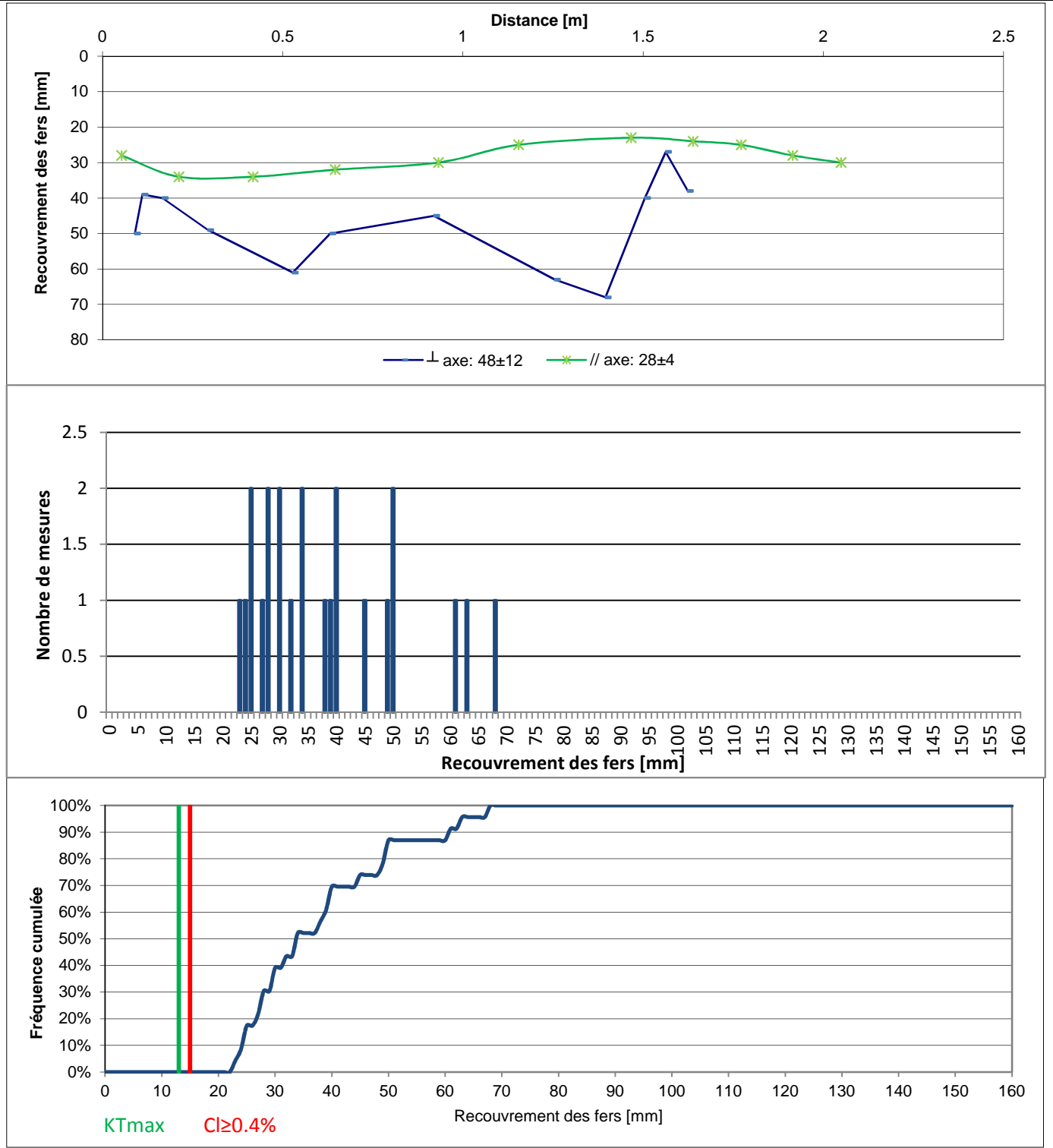
Essai sur béton armé Enrobage des fers d'armature



mesuré avec Ferroskan PS 200

Analyse accréditée, procédure interne

Conditions de mesure :		Fers // et \perp axe		Elément : Tablier sous-face (BM5)	
Enrobage [mm] :		min: 23	max: 68	Moyenne : 38 \pm 13 [mm]	
Ecart. [mm] :	\perp axe: 128 [mm]	// axe: 181 [mm]			



Remarques : L'enrobage de chaque série est indiqué dans la légende du graphique du haut.

Mandat N°: 2215107.2	Date : 16.11.2015
Objet : Pont Bellevue Marin	
Ouvrage : Superstructure	
Vérification : CG	Date de mesure : 05.11.2015

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GÉOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

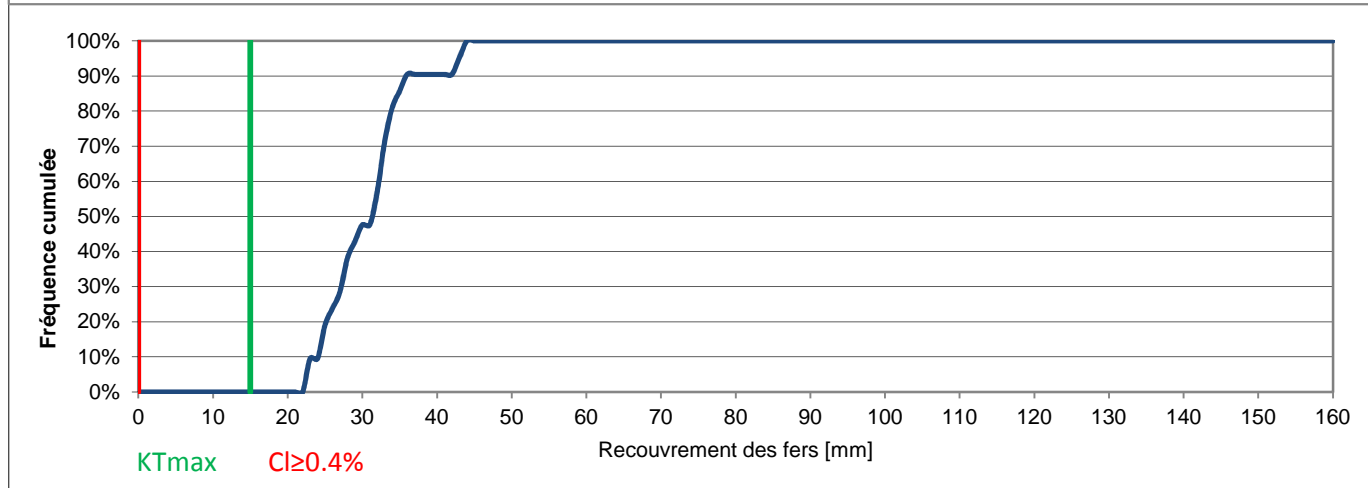
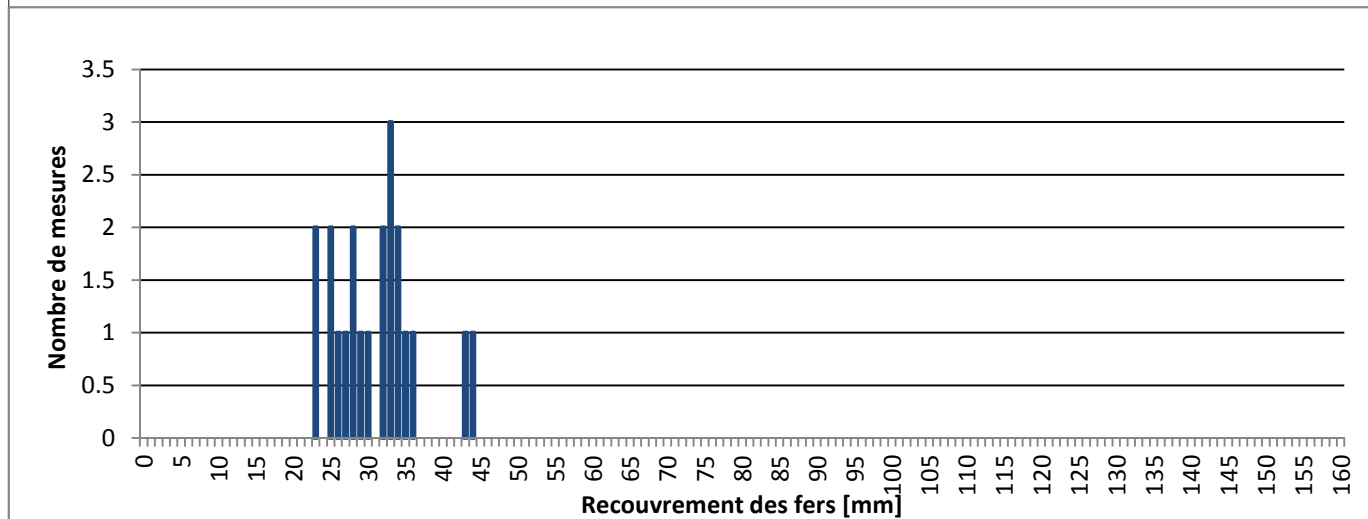
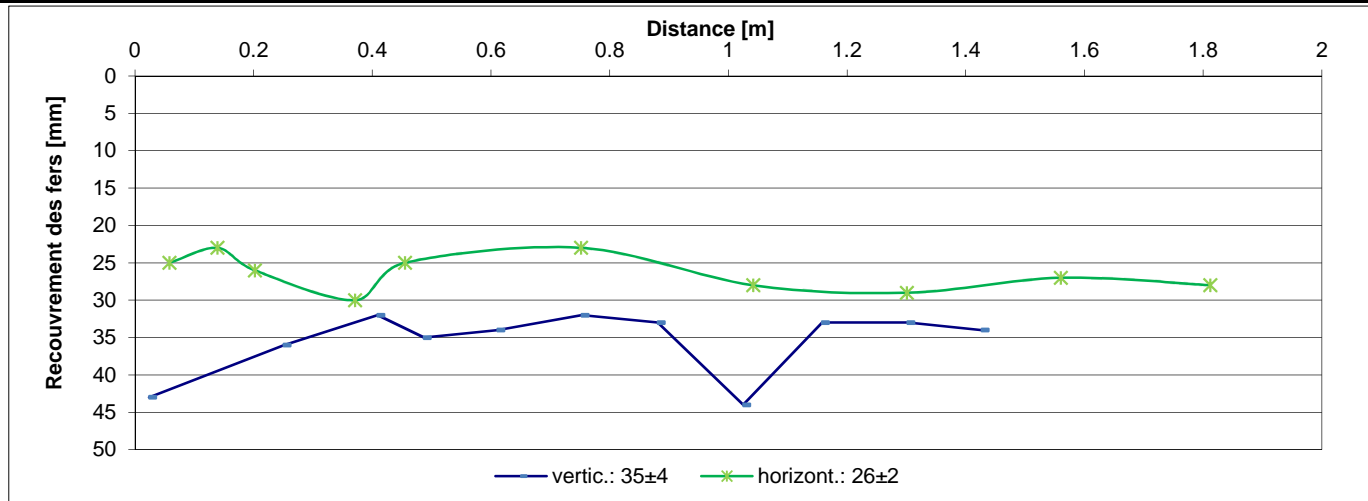
Essai sur béton armé Enrobage des fers d'armature

mesuré avec Ferroskan PS 200

Analyse accréditée, procédure interne



Conditions de mesure :		Fers horizontaux + verticaux		Elément : Pile nord ouest (BM6)
Enrobage [mm] :		min: 23	max: 44	Moyenne : 31 ± 6 [mm]
Ecart. [mm] :	vertic.: 128 [mm]	horizont.: 175 [mm]		



Remarques : L'enrobage de chaque série est indiqué dans la légende du graphique du haut.

Annexe 3

Teneur en chlorures

Mandat N°:	2215107.2	Date:	16.11.2015
Objet:	Pont Bellevue Marin		
Construction:	Superstructure		
Nature de l'éch.:	Mouture		CG

Analyse de béton et de mortier
Teneur en chlorure
Titration potentiométrique à l'acide nitrique
Analyse accréditée selon **SN EN 14629: 2007 (D)**



Ech. No	Lab. No	Teneur en chlorures: %-masse de ciment, sur la base d'un dosage PC 300			Remarques
		profondeurs à partir de la surface du béton			
		0-15 mm	15-30 mm	30-45 mm	
BM1	27'338	0.07	0.07	0.06	Bordure ouest - face supérieure
BM2	27'339	0.49	0.40	0.20	Mur culée nord - centre (proche fissure verticale)
BM3	27'340	0.07	0.06	0.05	Mur en aile culée nord - face ouest, vers fissuration
BM4	27'341	1.57	1.71	1.13	Mur culée sud proche appui ouest
BM5	27'342	0.61	0.28	0.14	Tablier sous-face - vers extrémité sud ouest
BM6	27'343	0.19	0.16	0.11	Pile nord ouest - face voies, à 4 m de hauteur depuis ballast

Valeurs proches ou plus élevées que la limite critique acceptée de 0,4 %-masse (Critère Richartz)

L'imprécision finale du résultat est de $\pm 5\%$.

Annexe 4

Profondeur de carbonatation

Mandat N° :	2215107.2	Date :	16.11.2015
Objet :	Pont Bellevue Marin		
Construction :	Superstructure		
Nature de l' éch. :	Béton	Date mesure :	05.11.2015

GEOTEST

GEOLOGIE / INGENIERIE /
GÉOPHYSIQUE /
ENVIRONNEMENT

Analyse de béton et de mortier
Carbonatation
 Analyse accréditée selon SIA 262.495 / SN EN 14630:2006



Ech. No.	Lab. No.	Epaisseur de carbonatation en mm à partir de la surface du béton (sans enduit, mortier, bitume, etc.)			Remarques situation, exposition
		Carbonatation			
		v.moyenne dk, mean	v.maximale dk, max	carb. p.ex. près d'une fissure	
BM1	- (in situ)	1	1	non	Bordure ouest - face supérieure
BM2	- (in situ)	10	11	non	Mur culée nord - centre (proche fissure verticale)
BM3	- (in situ)	1	1	non	Mur en aile culée nord - face ouest, vers fissuration
BM4	- (in situ)	12	14	non	Mur culée sud proche appui ouest
BM5	- (in situ)	11	13	non	Tablier sous-face - vers extrémité sud ouest
BM6	- (in situ)	13	15	non	Pile nord ouest - face voies, à 4 m de hauteur depuis ballast

Essai in situ:	<input checked="" type="checkbox"/>	Essai au laboratoire:	<input type="checkbox"/>
		Carotte no.:	
		Fragment no.:	
Temps:	couvert, froid		
Visa de l'expert:	CG	Visa de l'expert:	
Date de l'essai:	05.11.2015	Date de l'essai:	
Heure de l'essai:	22h-1h	Heure de l'essai:	

A Moudon, le 12/11/2015

Concerne : Inspection – Appareil d’Appui – Pont de Bellevue



Monsieur,

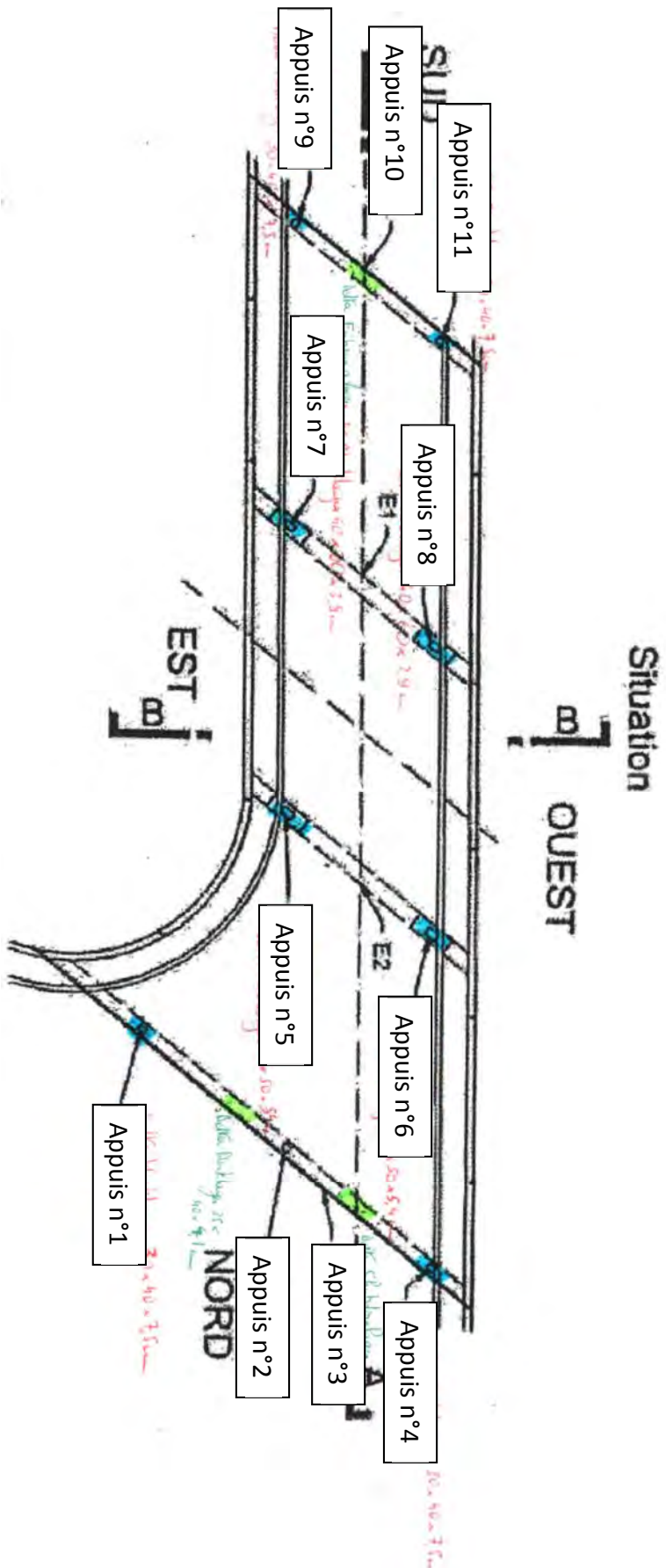
Dans le cadre du suivi des équipements d’ouvrage, Freyssinet a mis en place des procédures d’inspection et de maintenance des appuis mécaniques et des appuis néoprènes.

Selon votre demande, nous avons effectué les inspections des appuis dans la nuit du 05.11.15 au 06.11.15. Ce rapport est divisé en 5 chapitres :

- ✚ **Chapitre 1** : situation des ouvrages et des appuis
- ✚ **Chapitre 2** : documents de l’inspection, rapports, plans et procédure
- ✚ **Chapitre 3** : Capacités résiduelles des appuis
- ✚ **Chapitre 4** : défauts visibles
- ✚ **Chapitre 5** : conclusion, remise en conformité, conseils.

1. Situation de l’ouvrage et des appuis

Les appuis de l’ouvrage considérés dans ce rapport d’inspection sont des appuis de type néoprène glissants libres ainsi que des appuis guidés de type pot.



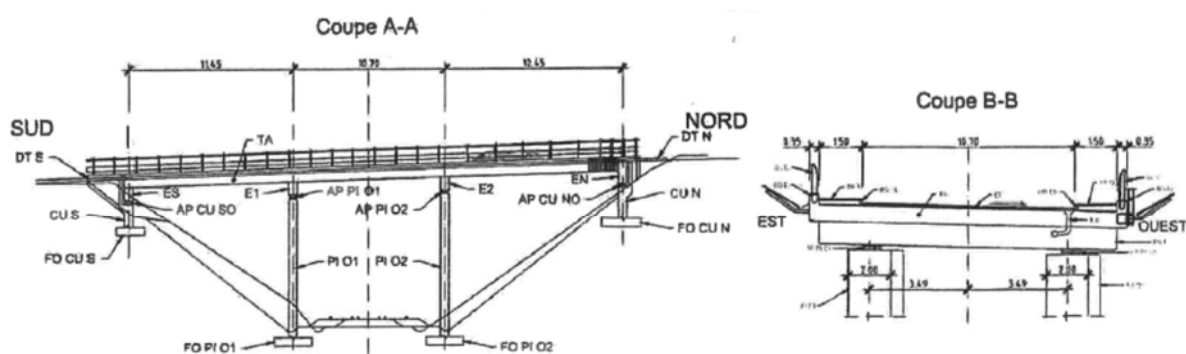


Figure 2 : Esquisse du pont de Bellevue avec subdivision en éléments.

2. Documents de l'inspection, rapports, plans et procédure

- ✚ Cartouche du concept global de maintenance.
- ✚ Plans de situation des appuis.
- ✚ Procédure d'inspection et de maintenance des appuis néoprènes.
- ✚ Rapports et photographies.

3. Capacités résiduelles des appuis

Température relevée lors de l'inspection : entre 5°C et 10°C

Les mesures longitudinales et transversales lors du contrôle déterminent la capacité suffisante pour les mouvements due aux différences de températures, mais ces capacités sont inconnues. Idéalement, nous pourrions constater les capacités mécaniques des appuis en ayant aussi des relevés à 0°.





4. Défauts visibles sur les appuis

Est analysé l'état général de l'appui et l'état de son environnement direct (structure de l'ouvrage au contact de l'appui). D'éventuels dégâts visibles et importants sur l'ouvrage sont mentionnés en chapitre 5.

Echelle de jugement de la corrosion :

Proportionnellement aux dimensions de l'appui sont analysés la profondeur de l'oxydation, l'étendue de l'oxydation, l'importance des éléments endommagés.

Mesures conseillées selon l'importance des dégâts :

-  Nettoyage, retouche peinture
-  Nettoyage, sablage, traitement anticorrosion
-  Changement des pièces endommagées, contrôle de dimensionnement
-  Remplacement de l'appareil recommandé

Echelle du jugement du Néoprène :

Sont analysés, la profondeur des fissures, l'étendue des fissures, le positionnement des fissures, le déplacement, la rotation.

Mesures conseillées selon l'importance des dégâts :

- Contrôle de l'évolution du dommage dans le temps**
 Remplacement de l'appareil recommandé

Analyse des appuis du pont de Bellevue :

1) Culée Nord / Appui 1 :

Observations : Support inférieur de l'appui en bonne état (massif béton). Néoprène globalement en bon état malgré la présence de quelques fissures et d'un petit gonflement. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène. Les projections de béton sur l'appareil d'appuis sont à nettoyer : risque d'assèchement et de craquelures.

2) Culée Nord / Appui 2 :

Observations : Support inférieur de l'appui en mauvais état (massif béton présentant des traces de corrosion importantes). Néoprène globalement en bon état malgré la présence de quelques fissures et d'un petit gonflement. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène.

3) Culée Nord / Appui 3 :

Observations : Support béton de l'appui en bon état général. Appui métallique en très mauvais état : traces de corrosion très importantes, protection anticorrosion en grande partie dégradée voire inexistante, système de guidage très corrodé.

4) Culée Nord / Appui 4 :

Observations : Support inférieur de l'appui en bon état. Néoprène globalement en bon état malgré des projections de béton à nettoyer : risque d'assèchement et de craquelures du néoprène. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène. Des trace (ou piqures) de rouilles apparaissent en sous-face du tablier aux abords de l'appui (corrosion des armatures).

5) Pile 2 / Appui 5 :

Observations : Support béton inférieur de l'appui en bon état. Néoprène très dégradé : présence de gonflements et d'importantes craquelures longitudinales sur toute la longueur de l'appareil d'appui. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène. Projections de béton à nettoyer : risque d'assèchement et de craquelures du néoprène.

6) Pile 2/ Appui 6 :  

Observations : Support béton inférieur de l'appui en bon état. Néoprène très dégradé : présence de gonflements et d'importantes craquelures longitudinales sur toute la longueur de l'appareil d'appui. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène. Projections de béton à nettoyer : risque d'assèchement et de craquelures du néoprène.

7) Pile 1 / Appui 7 :  

Observations : Support béton inférieur de l'appui en bon état. Néoprène très dégradé : présence de gonflements et d'importantes craquelures longitudinales sur toute la longueur de l'appareil d'appui. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène. Projections de béton à nettoyer : risque d'assèchement et de craquelures du néoprène.

8) Pile 1 / Appui 8 :  

Observations : Support béton inférieur de l'appui en bon état. Des trace (ou piqures) de rouilles apparaissent en sous-face du tablier aux abords de l'appui (corrosion des armatures). Néoprène très dégradé : présence de gonflements et d'importantes craquelures longitudinales sur toute la longueur de l'appareil d'appui. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène. Projections de béton à nettoyer : risque d'assèchement et de craquelures du néoprène.

9) Culée Sud / Appui 9 :  

Observations : Support béton inférieur de l'appui en bon état. Des trace (ou piqures) de rouilles apparaissent en sous-face du tablier aux abords de l'appui (corrosion des armatures). Néoprène globalement en bon état malgré un léger gonflement. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène.

10) Culée Sud / Appui 10 : 

Observations : Support béton de l'appui en bon état général. Appareil d'appui métallique en très mauvais état : traces de corrosion très importantes, protection anticorrosion en grande partie dégradée voire inexistante pour la partie inférieure de l'appui, système de guidage très corrodé et détruit sur un côté. Support béton très humide et présentant des traces de moisissures.

11) Culée Sud / Appui 11 :  

Observations : Support béton inférieur de l'appui en bon état. Des trace (ou piqures) de rouilles apparaissent en sous-face du tablier aux abords de l'appui (corrosion des armatures). Néoprène globalement en bon état malgré un léger gonflement et un déplacement latéral des éléments. Absence de plaque de glissement entre le béton et le néoprène.

5. Conclusion, remise en conformité, conseils

Au vu des observations effectuées sur le Pont de Bellevue, des fissures dues au séchage du néoprène et aux mouvements de l'ouvrage (Photos 1) nécessiteraient les actions décrites au chapitre 4 des analyses. Un appui sur la culée sud a été légèrement désaxé de son assise en béton par les déplacements du pont, il est nécessaire de le remettre à sa place initiale afin qu'il puisse garantir son rôle mécanique (Photo 2). Cela indique un éventuel déplacement par cheminement en charge négative, un équipement anti-soulèvement peut être à prévoir. Une forte oxydation avec une disparition quasi totale de la protection anticorrosion est présente sur les deux appuis mécaniques guidés des culées Nord et Sud (Photo 3 et 4). Ces deux appareils d'appuis nécessitent un remplacement.

Au vu de l'ancienneté de l'ouvrage, nous préconisons le changement de l'ensemble des appareils, une étude de redimensionnement avec les nouvelles normes serait des plus judicieuse.

Nous attirons également l'attention sur l'aspect des assises béton et des sous-faces du tablier qui présentent des signes de carbonatation des armatures avec une mise en évidence de celles-ci au niveau des taches de rouille sur les assises (photo 5) et des « piqures » sur les sous faces du tablier (Photos 6). Ce phénomène est accentué par d'importantes infiltrations d'eau au niveau des culées et de joints de dilatation, révélé par la présence de mousse et moisissures sur les parements en béton (voir photo 3). Un assainissement complet des bétons avec une reprise des systèmes d'étanchéité nous semble indispensable.

Tout en restant à votre entière disposition, nous vous prions d'agréer, Monsieur, nos meilleures salutations.

FREYSSINET SA

Inspection effectuée par M. Y.NICOD, rapport constitué et rédigé par M.Marmier/ contrôlé par Luc Boileau.



(Photo 1 : Pile 1 / Appui 7)



(Photo 2 : Culée Sud / Appui 11)

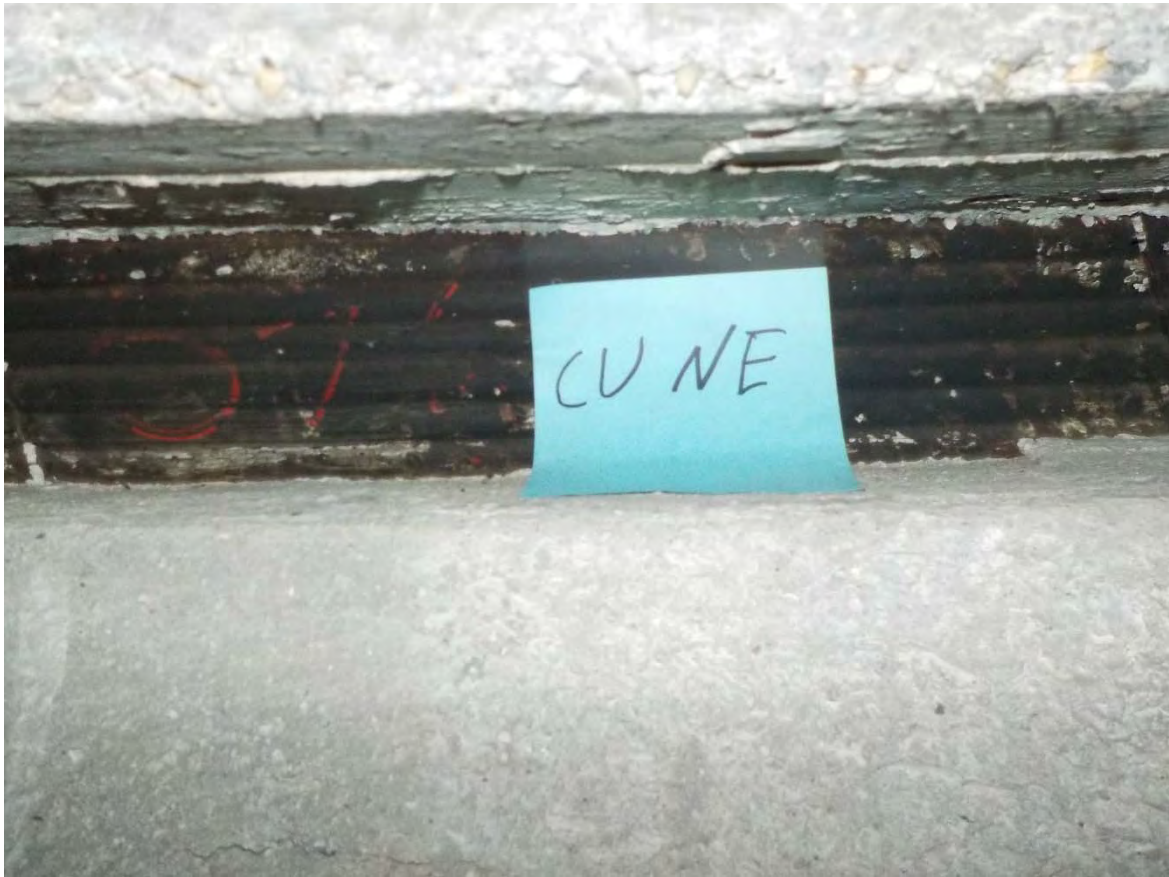


(Photo 3 : Culée Sud/ Appui 10)



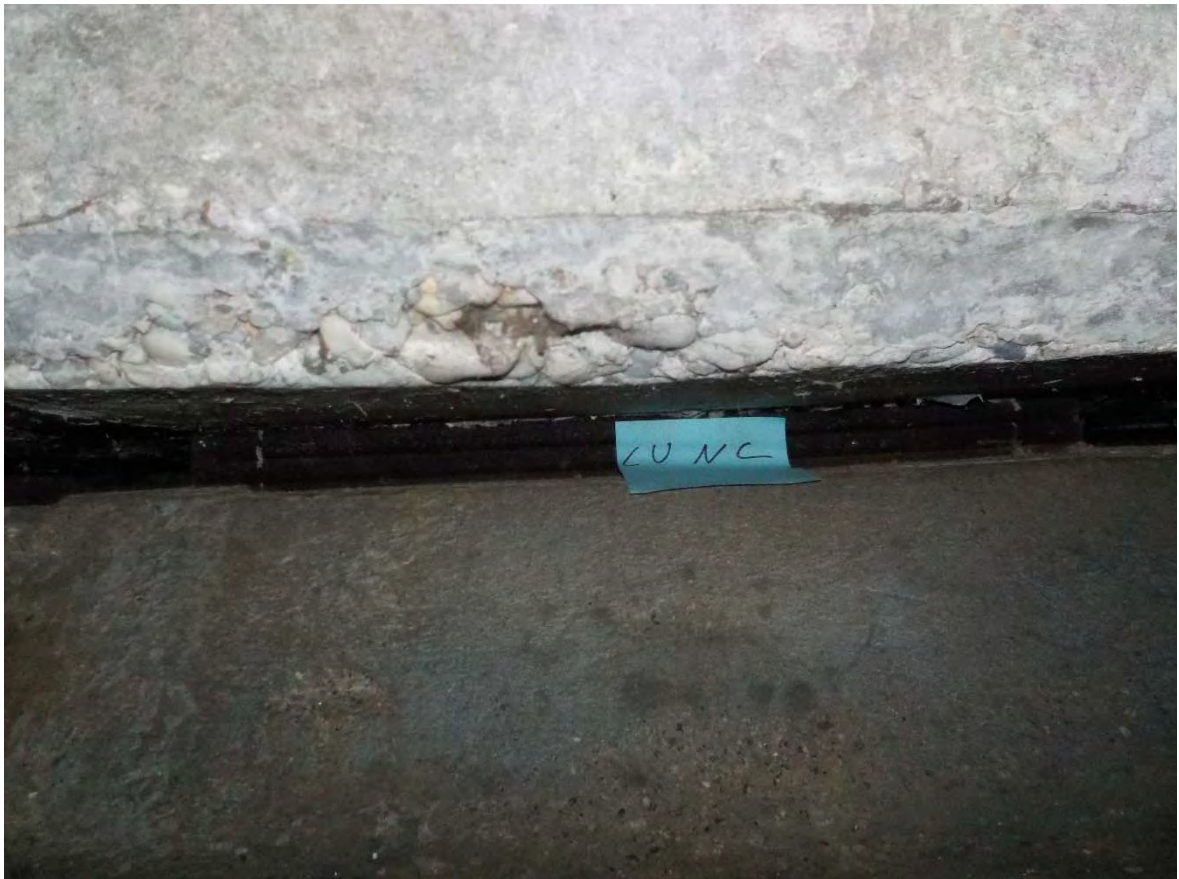
(Photo 4 : Culée Nord / Appui 3)

Culée Nord : Appui n°1 (Nord-Est : AP CU NE)





Culée Nord : Appui n°2 (Nord Centre : AP CU NC)





Culée Nord : Appui n°3 (Nord Centre : JNC)



Culée Nord : Appui n°4 (Nord-Ouest : AP CU NO)





Pile 2 : Appui n°5 (Pile 2 Est 2 : AP PI E2)

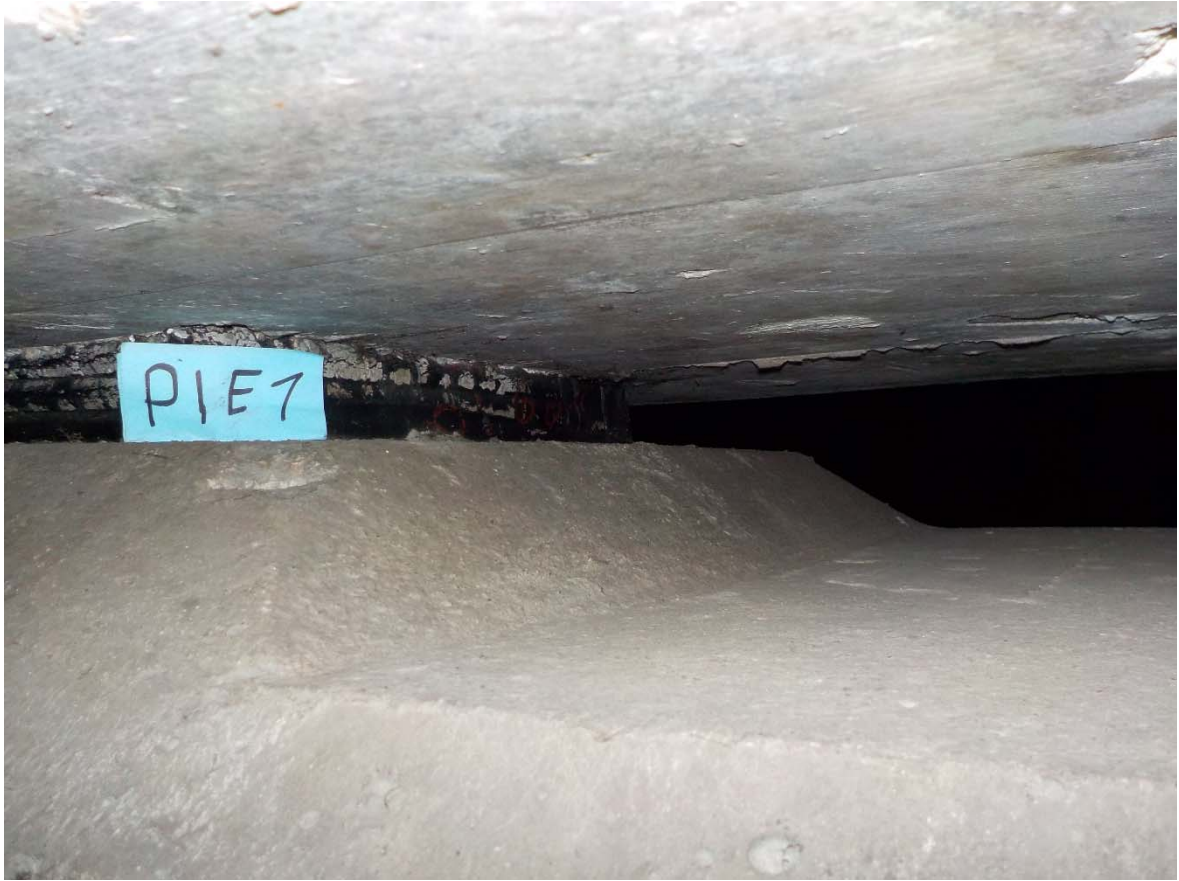
Pas de photos concernant cette appui n°5 car pas d'accès possible le jour de l'investigation. Une observation visuelle a été effectuée à distance. Cet appui élastomère présente globalement les mêmes signes de vieillissement extérieur que ceux présents sur les appuis de la pile 1.

Pile 2 : Appui n°6 (Pile 2 Ouest 2 : AP PI O2)

Pas de photos concernant cette appui n°6 car pas d'accès possible le jour de l'investigation. Une observation visuelle a été effectuée à distance. Cet appui élastomère présente globalement les mêmes signes de vieillissement extérieur que ceux présents sur les appuis de la pile 1.

Pile 1 : Appui n°7 (Pile 1 Est 1 : AP PI E1)





Pile 1 : Appui n°8 (Pile 1 Ouest 1 : AP PI O1)





Culée Sud : Appui n°9 (Sud Est : AP CU SE)





Culée Sud : Appui n°10 (Sud Centre : JCS)





Culée Sud : Appui n°11 (Sud-Ouest : AP CU SO)



