

RAPPORT D'INSPECTION PRINCIPALE

PONT DE BELLEVUE À MARIN



Neuchâtel, le 5 décembre 2014 / OM, ABA et FR

Commentaire de l'inspecteur :

L'inspection s'est déroulée de jour le 18.11.2014, avec un temps couvert et partiellement humide, température 8 °C

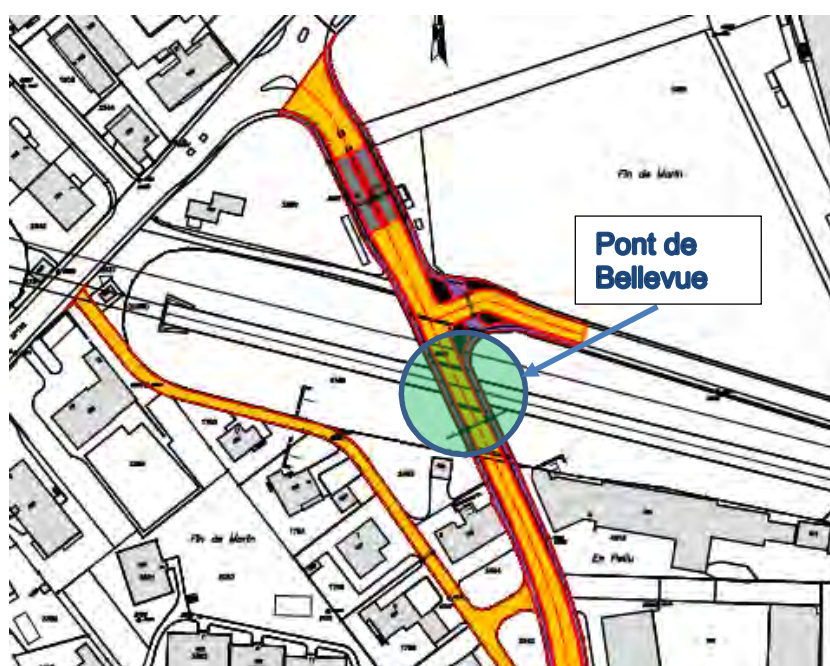
TABLE DES MATIÈRES

1	Généralités	3
1.1	Introduction	3
1.2	Objectif du rapport d'inspection	4
1.3	Structure du rapport d'inspection.....	4
1.4	Documents de base	4
2	Formulaire 1 : Liste des éléments et segments de l'ouvrage	5
2.1	Esquisse de l'ouvrage avec subdivision en éléments	5
2.2	Aperçu des éléments d'ouvrage	6
3	Formulaire 2 : Rapport succinct	7
3.1	Caractéristiques principales de l'ouvrage	7
3.2	Conditions de l'inspection :.....	8
3.3	Appréciation globale de l'état général de l'ouvrage	9
3.3.1	Définition des classes d'état	9
3.3.2	Appréciation globale de l'état général de l'ouvrage	9
3.4	Dégâts observés	11
4	Formulaire 3 : Investigations et interventions recommandées	17
4.1	Synthèse des investigations	17
4.2	Investigations complémentaires	17
4.2.1	Matériaux	17
4.2.2	Appuis	17
4.2.3	Etudes géotechniques	17
4.2.4	Statique :.....	18
4.3	Interventions	18
4.3.1	Interventions recommandées, synthèse.....	18
4.3.2	Coordination avec le projet de la route de Bellevue.....	19
4.4	Surveillance	19
4.4.1	Prochaine inspection	19
4.4.2	Prochain nivellement	19
5	Formulaire 4 : Annexe - Dossier Photos	20
6	Annexe.....	21

1 Généralités

1.1 Introduction

Dans le cadre du projet d'assainissement d'infrastructures souterraines et réfection de surface de tronçons routiers (rue de la Gare, du Closel, des Couviers, En-Pelu et la Route de Bellevue, voir extrait ci-dessous) de la Commune de la Tène, le bureau d'ingénieurs civils Mauler SA est mandaté par la Commune de la Tène pour procéder à l'inspection principale du pont de Bellevue à Marin. Le but étant de coordonner les éventuelles interventions sur le pont aux travaux de réfection prévues dans le cadre du projet.



En 2001, le pont de Bellevue a fait l'objet d'une vérification de la sécurité structurale pour le trafic des 40 tonnes, d'une auscultation et ainsi que des investigations incluant des analyses en laboratoire du béton (taux de chlorure, profondeur de carbonatation et recouvrement des armatures), des sondages et des relevés géométriques. Ces différentes prestations ont été coordonnées par le bureau AJS.

Selon les conclusions de l'étude réalisée en 2001, l'ouvrage est apte à supporter le trafic des 40 t ; par contre, il a été mis en évidence beaucoup de dégâts sur la quasi-totalité des éléments de l'ouvrage qui compromettaient sa pérennité et d'une façon très générale sa durabilité. En outre, les résultats des investigations ont montré des taux de chlorure dépassant les limites fixées par les normes, une profondeur de carbonatation atteignant déjà l'armature et recouvrement insuffisant pour certains éléments. De plus, un seul relevé géométrique (mesure de référence) a été effectué en date du 22 mai 2001. On ne pouvait donc pas évaluer les éventuels déplacements de l'ouvrage étant donné qu'on ne dispose que d'une seule mesure.

Vu l'état de l'ouvrage, un projet d'intervention pour un coût total d'environ CHF 720'000 a été soumis au maître d'ouvrage. Ce projet n'a pas abouti et donc les dégâts identifiés à l'époque n'ont fait l'objet d'aucun assainissement.

1.2 Objectif du rapport d'inspection

Le rapport d'inspection principale a pour objectif de synthétiser les résultats de l'inspection réalisée sur les différents éléments de l'ouvrage, de présenter la liste des éventuelles investigations complémentaires, de qualifier l'état de l'ouvrage ainsi que de donner des recommandations pour la suite des opérations.

1.3 Structure du rapport d'inspection

Le rapport d'inspection principale est structuré comme suit :

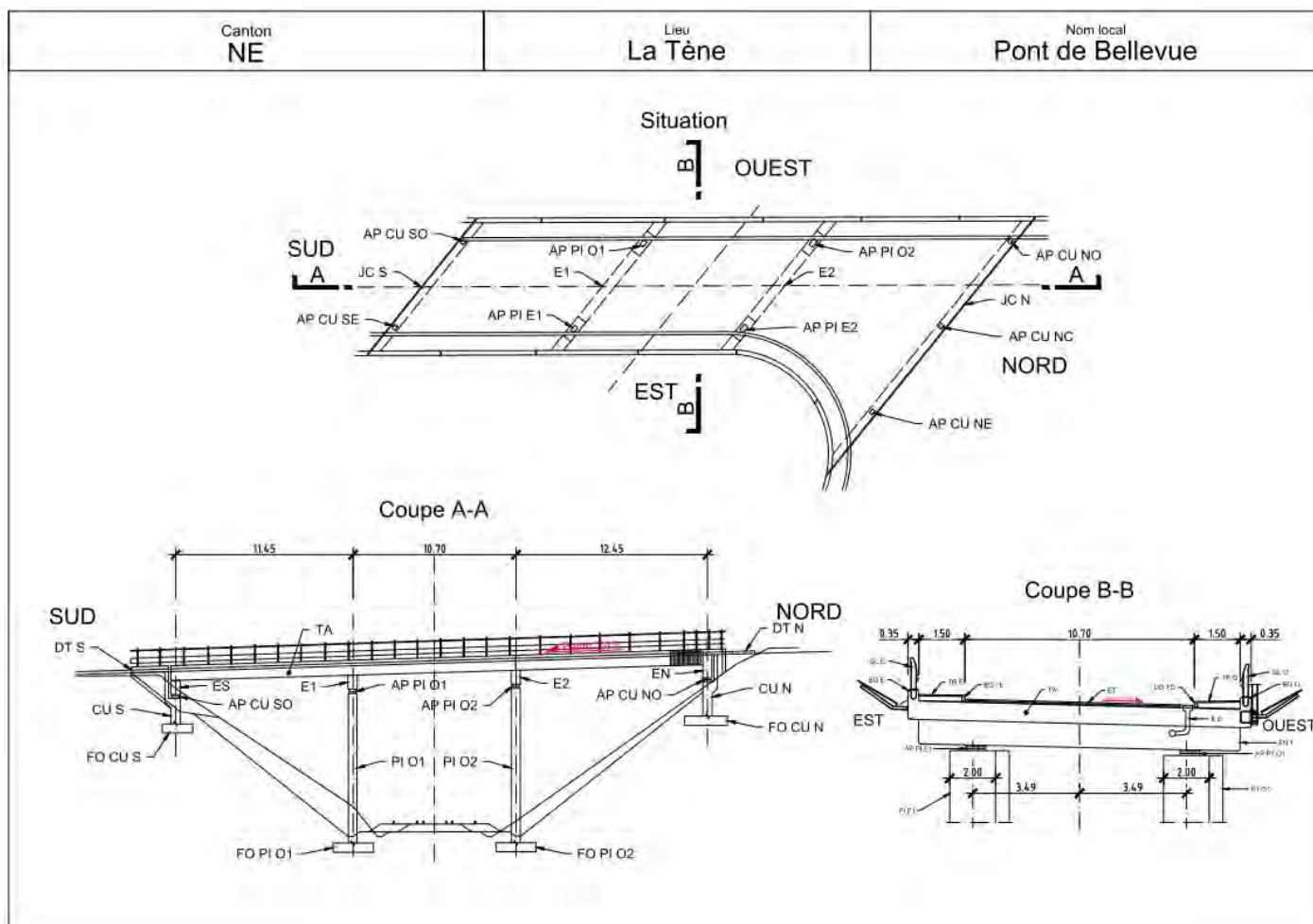
- Formulaire 1 : Liste des éléments et segments de l'ouvrage ;
- Formulaire 2 : Rapport succinct – synthèse de l'inspection ;
- Formulaire 3 : Investigations et interventions recommandées ;
- Formulaire 4 : Annexe - Dossier photos.

1.4 Documents de base

- Plans d'exécution de l'ouvrage, date 1978, auteur AJS
- Rapport de vérification, date 2001, auteur AJS

2 Formulaire 1 : Liste des éléments et segments de l'ouvrage

2.1 Esquisse de l'ouvrage avec subdivision en éléments



2.2 Aperçu des éléments d'ouvrage

Identification	Désignation	Type de construction	Identification	Désignation	Type de construction
ET	Etanchéité Dalle	Etanchéité du tablier	EN 1	Entretoise 1	Construction en béton armé
AP CU NE	Appui Culée Nord Est	Appareil d'appui flexible	EN 2	Entretoise 2	Construction en béton armé
AP CU NO	Appui Culée Nord Ouest	Appareil d'appui flexible	E I 1	Entretoise Inférieure 1	Construction en béton armé
AP CU SE	Appui Culée Sud Est	Appareil d'appui en acier/flexible	E I 2	Entretoise Inférieure 2	Construction en béton armé
AP CU SO	Appui Culée Sud Ouest	Appareil d'appui flexible	FO CU N	Fondation Culée Nord	Construction en béton armé
EE	Evacuation eaux	-	FO CU S	Fondation Culée Sud	Construction en béton armé
GL E	Glissière Est	Construction en acier	FO PI O1	Fondation Pile Ouest 1	Construction en béton armé
GL O	Glissière Ouest	Construction en acier	FO PI E1	Fondation Pile Est 1	Construction en béton armé
GR	Grilles	-	FO PI O2	Fondation Pile Ouest 2	Construction en béton armé
RV	Revêtement de chaussée	Enrobé bitumineux	FO PI E2	Fondation Pile Est 2	Construction en béton armé
TR E	Trottoir Est	Enrobé bitumineux	PI O1	Pile Ouest 1	Construction en béton armé
TR O	Trottoir Ouest	Enrobé bitumineux	PI E1	Pile Est 1	Construction en béton armé
BO E	Bordure Est	Construction en béton armé	PI O2	Pile Ouest 2	Construction en béton armé
BO O	Bordure Ouest	Construction en béton armé	PI E2	Pile Est 2	Construction en béton armé
BO TE	Bordure Trottoir Est	Élément préfabriqué en béton	AP PI O1	Appui Pile Ouest 1	Appareil d'appui en acier
BO TO	Bordure Trottoir Ouest	Élément préfabriqué en béton	AP PI E1	Appui Pile Est 1	Appareil d'appui en acier
CU N	Culée Nord	Construction en béton armé	AP PI O2	Appui Pile Ouest 2	Appareil d'appui en acier
CU S	Culée Sud	Construction en béton armé	AP PI E2	Appui Pile Est 2	Appareil d'appui en acier
DT N	Dalle de transition Nord	Construction en béton armé	JC N	Joint de Chaussée Nord	-
DT S	Dalle de transition Sud	Construction en béton armé	JC S	Joint de Chaussée Sud	-
EN	Entretoise Nord	Construction en béton armé	TA	Tablier	Construction en béton armé
ES	Entretoise Sud	Construction en béton armé	AP CU NC	Appui Culée Nord Centre	Appareil d'appui en acier/flexible

3 Formulaire 2 : Rapport succinct

3.1 Caractéristiques principales de l'ouvrage

Situation :

Situé dans la Commune de La Tène, le pont de Bellevue a été mis en service fin des années 1970. A trafic bidirectionnel, le pont comprend 2 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.

Assainissements :

Aucun n'assainissement de l'ouvrage n'a été réalisé depuis sa mise en service.

Dimensions principales et système statique :

Le pont de Bellevue est un pont en biais en béton armé avec un tablier constitué d'une dalle de 60 cm d'épaisseur. La largeur totale de la dalle vaut environ 11.2 m (2x voies de circulation de 3.75 m chacune, 2x trottoirs de 1.5 m chacun et 2x bordures de 0.35 m chacune). La longueur totale à l'axe du pont est de 34.6 m. La pente transversale (dévers est-Ouest) du tablier vaut 2.5 % tandis que la pente longitudinale (direction de descente : sud) est égale 3.4%.

Le système statique du pont est une poutre en béton qui repose sur deux culées et 2 paires de piles intermédiaires. C'est donc une poutre continue sur 3 travées avec des longueurs de 11.45 m et 12.45 m pour les travées de rive et une longueur de 10.70 m pour la travée centrale. Des sommiers (entretoises) en béton sont disposés en partie supérieure au niveau des culées et en partie supérieure et inférieure au niveau des piles intermédiaires. Les piles sont en béton armé de section rectangulaire (2 m x 0.7 m) et elles sont articulées en tête et encastées à la base avec une hauteur d'environ 6.50 m.

Fondations :

Les piles et les culées du pont sont fondées sur des semelles en béton armé.

Dispositif de sécurité :

Glissières métalliques type A.

Joints de chaussée :

Sur les deux culées : joints en matériaux polymères.

Etanchéité et revêtement :

Etanchéité en asphalte coulé ép. 2 cm posée sur une couche de séparation en papier huilé.

Revêtement de chaussée : une couche de liaison AB 16 épaisseur = 40 mm et une couche d'usure AB 10s épaisseur = 40 mm.

Revêtement de trottoir : asphalte coulé posée sur une couche de séparation en papier huilé.

Evacuation des eaux :

En suivant la pente transversale (devers) du pont, l'eau est récoltée au niveau de la bordure de trottoir par des grilles et acheminée par une canalisation verticale vers le collecteur horizontal principal situé sous la dalle du pont. Une conduite verticale accrochée à la pile ouest 2 et disposée au droit de la grille située au nord permet déjà d'évacuer l'eau directement sous le pont.

Appareils d'appui :Culée Nord :

2 appuis flexibles type Delta Blocklager 30 cm x 40 cm x 7.5 cm aux bords ;

1 appui flexible type Delta Blocklager 25 cm x 40 cm x 4.1 cm au milieu ;

1 appui fixe type Delta Schubdornlager F100 Skizze N02.

Pile 1 :

2 appuis flexibles type Delta Blocklager 35 cm x 50 cm x 5.4 cm.

Pile 2 :

2 appuis flexibles type Delta Blocklager 40 cm x 60 cm x 3.9 cm.

Culée Sud :

2 appuis flexibles type Delta Blocklager 30 cm x 40 cm x 7.5 cm aux bords ;

1 appui guidé transversalement et libre longitudinalement type Delta Führungslager FE10 Skizze N01.

3.2 Conditions de l'inspection :

L'inspection s'est effectuée de jour le 18.11.2014 :

Matin dès 09h30 : inspection de tous les éléments situés hors trafic ferroviaire

Après-midi dès 13h30 : mise en place d'un dispositif de sécurité par les services du BLS et inspection des éléments situés sous trafic ferroviaire.

3.3 Appréciation globale de l'état général de l'ouvrage

3.3.1 Définition des classes d'état

Nous appliquons la procédure d'évaluation des classes d'état des ouvrages définies par l'Office Fédérale des Routes (OFROU) pour déterminer l'appréciation de l'ouvrage en général et de ses différents éléments en particulier.

Selon la procédure de l'OFROU, l'évaluation de l'état réunit la classe d'état dans laquelle l'élément considéré est décrit et de l'ampleur des dommages, laquelle indique quelle proportion de l'élément à évaluer présente un dommage. Ainsi, en fonction du matériau de construction de l'élément, des détails constructifs ainsi que d'autres facteurs, cinq classes d'état sont définies. Pour l'évaluation de l'ouvrage et de ses éléments, nous reprenons dans le tableau à la page suivante des extraits de catalogues tirés des directives de l'OFROU qui définissent les classes d'état de différents éléments.

3.3.2 Appréciation globale de l'état général de l'ouvrage

En fonction des classes d'état définies dans le cadre de l'évaluation des ouvrages établies par l'OFROU, l'état de l'ouvrage est jugé mauvais (classe d'état 4).

Corrosion des armatures du béton armé

<i>Classe d'état</i>	<i>Description</i>
1: bon (aucun dégât / dégâts insignifiants)	Dégâts insignifiants; seulement de petites fissures superficielles; aucune trace de corrosion.
2: acceptable (dégâts minimes)	Traces isolées et visibles de corrosion (tache de rouille) et / ou éclatement du béton; petites fissures dues à la corrosion des armatures et / ou zones humides; dégâts mécaniques minimes.
3: détérioré (dégâts de moyenne importance)	Eclatements multiples du béton avec armatures dénudées (détérioration due à la corrosion insignifiante, en moyenne moins de 10 % des barres d'armatures visibles); fissures et / ou zones humides.
4: mauvais (dégâts importants)	Eclatement de grande étendue du béton avec armatures dénudées (détérioration due à la corrosion importante, en moyenne plus de 10% des barres d'armatures visibles et / ou corrosion par piqûres); fissures et / ou zones humides.
5: alarmant (intervention pressante)	La sécurité est compromise, des interventions sont nécessaires avant la prochaine inspection principale ; intervention pressante.

Infiltration

<i>Classe d'état</i>	<i>Description</i>
1: bon (aucun dégât / dégâts insignifiants)	Aucune ou peu de zones humides insignifiantes (dans la zone des reprises de bétonnage ou ailleurs).
2: acceptable (dégâts minimes)	Zones humides avec des lessivages de la chaux minimes.
3: détérioré (dégâts de moyenne importance)	Zones humides locales avec des lessivages de la chaux de moyenne importance; dépôt de calcaire le long des fissures.
4: mauvais (dégâts importants)	Grandes zones humides avec d'importants lessivages de la chaux ; destruction de la structure du béton.
5: alarmant (intervention pressante)	La sécurité est compromise, des interventions sont nécessaires avant la prochaine inspection principale ; intervention pressante.

Gel à la surface du béton

<i>Classe d'état</i>	<i>Description</i>
1: bon (aucun dégât / dégâts insignifiants)	Seulement des dégâts insignifiants à la surface du béton.
2: acceptable (dégâts minimes)	Dégâts en surface avec de petits écaillages (seule la pellicule extérieure de ciment est attaquée).
3: détérioré (dégâts de moyenne importance)	Dégâts locaux en surface avec d'importants écaillages.
4: mauvais (dégâts importants)	Dégâts sur une grande surface avec d'importants écaillages qui conduisent à des armatures dénudées.
5: alarmant (intervention pressante)	L'armature porteuse est à nu: la sécurité est compromise, des interventions sont nécessaires avant la prochaine inspection principale ; intervention pressante.

Corrosion de l'acier de construction

<i>Classe d'état</i>	<i>Description</i>
1: bon (aucun dégât / dégâts insignifiants)	Bonne adhérence de la protection de surface, pas ou très peu de signes de vieillissement de la protection de surface, traces superficielles des actions de l'environnement; aucune surface visible d'acier (sauf dans le cas d'un acier patinable).
2: acceptable (dégâts minimes)	Apparition locale de corrosion, mais pas de perte de section; détérioration locale de la protection de surface; perte locale d'adhérence de la protection de surface (rouille sous l'enduit); surface d'acier visible localement; épaisseur réduite de la couche de l'enduit (par exemple, à la suite d'une forte exposition aux rayons uv); encrassement des assemblages, des ancrages ou des éléments d'ouvrage.
3: détérioré (dégâts de moyenne importance)	Protection contre la rouille en partie inefficace; épaisseur de la couche de l'enduit fortement réduite (par exemple, à la suite d'une forte exposition aux rayons uv); perte d'adhérence de la protection contre la corrosion sur une grande surface; corrosion superficielle (perte de section insignifiante en moyenne moins de 10%); surface d'acier visible; traces de piqûre de rouille.
4: mauvais (dégâts importants)	Grande surface de la couche de protection inefficace; corrosion superficielle (perte importante de section, en moyenne plus de 10%); importantes piqûres de rouille; danger de corrosion dans les fissures dues aux contraintes de traction; fissures (fatigue).
5: alarmant (intervention pressante)	La sécurité est compromise, des interventions sont nécessaires avant la prochaine inspection principale ; intervention pressante.

3.4 Dégâts observés

Étanchéité Dalle ET :

L'état général de l'étanchéité est jugé détérioré [3].

L'étanchéité de l'ouvrage n'a pas pu être inspectée. Toutefois, en se basant sur les conclusions de l'étude réalisée en 2001, nous partons de l'idée que l'état de l'étanchéité ne s'est pas amélioré. Au contraire son état s'est probablement détérioré avec le temps.

Appuis Culée Nord AP CU N :

L'état général des appuis est jugé acceptable [2].

Les appuis au niveau de la culée nord n'ont pas pu être inspectés de près à cause des difficultés d'accès mais visiblement ils ont l'air en bon état.

Appui Culée Sud Est AP CU SE :

L'état général de l'appui est jugé mauvais [4].

Sur l'appui flexible (photo 01), nous n'avons constaté aucun dégât apparent. Par contre, l'appui de guidage (photo 02) est sérieusement endommagé. En effet, des traces de rouilles et un état de corrosion avec perte de section très avancé sont constatés sur l'appui.

Appui Culée Sud Ouest AP CU SO :

L'état général de l'appui est jugé acceptable [2].

Sur l'appui flexible (photo 03), nous n'avons constaté aucun dégât apparent.

Évacuation des Eaux EE :

L'état général de l'évacuation des eaux est jugé détérioré [3].

Le collecteur principal horizontal sous le tablier ne présente pas de dégâts apparents (photo 04). Par contre la conduite verticale le long de la pile ouest 2 n'assure plus son rôle. En effet, la liaison entre la conduite et la grille située sur la face supérieure de la dalle s'est rompue et par conséquent l'eau s'écoule directement sur la pile (photo 05, photo 06 et photo 07).

Glissière Est GL E :

L'état général de la glissière est jugé détérioré [3].

Vers l'extrémité nord, les pièces d'une des barres longitudinales se sont déboîtées (photo 08). De plus, à cause de l'usure, la glissière présente des tâches de rouilles dans sa totalité (photo 09).

Glissière Ouest GL O :**L'état général de la glissière est jugé acceptable [2].**

Mise à part des traces de rouilles causées par l'usure (photo 10), aucun autre dégât significatif n'est relevé sur la glissière.

Grilles GR :**L'état général des grilles est jugé acceptable [2].**

Toutefois, les grilles sont partiellement bouchées par de la boue ou de la végétation et un décollement du revêtement est constaté le long des grilles (photo 11 et photo 12).

Revêtement de chaussée RV :**L'état général du revêtement de chaussée est jugé détérioré [3].**

Le revêtement présente une fissure longitudinale située à peu près à l'axe du pont et c'est sur toute sa longueur (photo 13). De plus, on remarque des déformations sur le revêtement et par conséquent une perte des propriétés de planéité. L'écoulement naturel de l'eau en suivant les pentes longitudinale et transversale du pont n'est donc plus garanti.

Trottoir est TR E :**L'état général du trottoir est jugé détérioré [3].**

Quelques fissures transversales sont constatées sur le trottoir (photo 14). De plus, on relève le décollement de la bordure de trottoir par rapport au trottoir le long du joint (rempli de végétation en particulier vers le nord) sur toute la longueur (photo 15).

Trottoir Ouest TR O :**L'état général de la bordure est jugé détérioré [3].**

Quelques fissures transversales sont constatées sur le trottoir. De plus, on relève le décollement de la bordure de trottoir par rapport au trottoir le long du joint (rempli de végétation) sur toute la longueur (photo 16).

Bordure de trottoir est BO TE :**L'état général de la bordure est jugé acceptable [2].**

Mise à part le décollement de la bordure par rapport au trottoir (photo 14) et quelques dégâts légers, aucun autre dégât important n'a été constaté sur la bordure.

Bordure de trottoir est BO TO :**L'état général de la bordure est jugé acceptable [2].**

Mise à part le décollement de la bordure par rapport au trottoir (photo 16) et quelques dégâts légers, aucun autre dégât important n'a été constaté sur la bordure.

Bordure BO E :**L'état général de la bordure est jugé détérioré [3].**

Sur toute la bordure, on relève des fissures traversantes et des éclatements du béton avec fers apparents et corrodés (photo 17, photo 18 et photos 19). Des traces d'humidité et des tâches de salpêtres sont également présentes sur la face verticale de la bordure (photo 20 et photo 21). De plus, un décollement de la bordure par rapport au trottoir de l'ordre de 3 cm est signalé (photo 22).

Bordure BO O :**L'état général de la bordure est jugé détérioré [3].**

Sur une grande partie de la bordure, on relève des fissures traversantes (photo 23 et photo 24) et quelques éclats de béton avec fers apparents (photo 25). Des traces d'humidité et des salpêtres sont également présentes sur la face verticale de la bordure (photo 26 et photo 27) le long des fissures traversantes. De plus, un décollement de la bordure par rapport au trottoir est signalé sur toute sa longueur (photo 28).

Culée Nord CU N :**L'état général de la culée est jugé alarmant [5].**

Le mur vertical de la culée présente des dégâts importants dont notamment trois larges fissures traversantes (de 3 mm à 6 mm (au centre du mur) environ, photo 29 et photo 30), des tâches de rouilles avec éclats du béton et fer apparent (photo 31) ainsi que des venues d'eau y compris sur le couronnement du mur (photo 32).

Culée Sud CU S :**L'état général de la culée est jugé détérioré [3].**

Des venues d'eau concentrées sur les extrémités (au niveau des appuis) et au centre sont constatées sur le couronnement ainsi que sur la face verticale du mur (photo 33 et photo 34). On note également la présence d'une fissure verticale avec tâche de rouille à l'extrémité ouest du mur de la culée (photo 35) et de la microfissuration verticale sur toute la surface du mur.

Dalle de transition Nord DT N :**L'état général de la dalle de transition est jugé acceptable [2].**

Toutefois, du fait du mauvais état du revêtement et de l'étanchéité, on soupçonne des dégâts sur la dalle de transition.

Dalle de transition Sud DT S :**L'état général de la dalle de transition est jugé acceptable [2].**

Toutefois, du fait du mauvais état du revêtement et de l'étanchéité, on soupçonne des dégâts sur la dalle de transition.

Entretoise 1 E 1:**L'état général de l'entretoise est jugé acceptable [2].**

L'entretoise n'a pas pu être inspectée de près à cause des difficultés d'accès mais visiblement elle a l'air en bon état (photo 36).

Entretoise 2 E 2:**L'état général de l'entretoise est jugé acceptable [2].**

L'entretoise n'a pas pu être inspectée de près à cause des difficultés d'accès mais visiblement elle a l'air en bon état (photo 37).

Entretoise Nord E N :**L'état général de l'entretoise est jugé détérioré [3].**

Un nid de gravier (photo 38) est constaté à peu près au centre de l'entretoise. De plus, du fait des venues constatées sur le couronnement du mur de la culée, on soupçonne également des venues d'eau sur la face cachée de l'entretoise qui est située juste au-dessus de la culée.

Entretoise Sud E S :**L'état général de l'entretoise est jugé détérioré [3].**

Un nid de gravier (photo 39) ainsi que des éclats de béton avec fer apparent (photo 40) sont constatés à peu près au centre de l'entretoise. De plus, du fait des venues constatées sur le couronnement du mur de la culée, on soupçonne également des venues d'eau sur la face cachée de l'entretoise qui est située juste au-dessus de la culée.

Entretoise inférieure 1 EI 1 :**L'état général de l'entretoise est jugé alarmant [5].**

En effet, une large fissure traversante (ouverture = 5 mm environ) a été relevée au centre de l'entretoise (photo 41 et photo 42).

Entretoise inférieure 2 EI 2 :**L'état général de l'entretoise est jugé alarmant [5].**

En effet, une large fissure traversante (ouverture = 10 mm environ) a été relevée au centre de l'entretoise (photo 43).

Fondation Culée Nord FO CU N :

Non inspecté.

Fondation Culée Sud FO CU S :

Non inspecté.

Fondation Pile 1 Est FO PI E1 :

Non inspecté.

Fondation Pile 1 Ouest FO PI O1 :

Non inspecté.

Fondation Pile 2 Est FO PI E2 :

Non inspecté.

Fondation Pile 2 Ouest FO PI O2 :

Non inspecté.

Joint de chaussée Nord JC N :**L'état général du joint est jugé détérioré [3].**

Le joint nord présente de nombreux dégâts dont notamment des traces de rouille (photo 44), des décollements par rapport au revêtement de trottoir et de la chaussée ainsi que du remplissage des joints par de la boue et de la végétation (photo 45).

Par ailleurs, les venues d'eau constatées sur la culée laissent penser à un dysfonctionnement du joint de chaussée.

Joint de chaussée Sud JC S :**L'état général du joint est jugé détérioré [3].**

Le joint sud présente de nombreux dégâts dont notamment des traces de rouille, le décollement par rapport au revêtement de trottoir et de la chaussée ainsi que du remplissage des joints par de la végétation (photo 46).

Par ailleurs, les venues d'eau constatées sur la culée laissent penser à un dysfonctionnement du joint de chaussée.

Pile est 1 PI E1 et Pile ouest 1 PI O1 :**L'état général des piles est jugé acceptable [2].**

Les piles n'ont pas pu être inspectées de près sur toutes leurs surfaces mais visiblement elles ont l'air en bon état (photo 47 et photo 48).

Pile est 2 PI E2 et Pile ouest 2 PI O2 :**L'état général des piles est jugé acceptable [2].**

Les piles n'ont pas pu être inspectées de près sur toutes leurs surfaces mais visiblement elles ont l'air en bon état (photo 49 et photo 50).

Tablier TA :**L'état général du tablier est jugé détérioré [3].**

Sur la face inférieure du tablier, on note la présence d'infiltration d'eau à l'extrémité sud (photo 51) ainsi qu'un éclat avec fers apparent au niveau de la liaison avec la grille sud (photo 52).

D'autre part, du fait du mauvais état du revêtement et de l'étanchéité, on soupçonne des dégâts sur la face cachée de la dalle.

4 Formulaire 3 : Investigations et interventions recommandées

4.1 Synthèse des investigations

Relevés géométriques :

Etant donné qu'il n'existe aucune mesure qui donne une indication sur les éventuels mouvements planimétriques et altimétriques de l'ouvrage et du fait de la présence de fissures traversantes larges (entretoises inférieures et mur de la culée nord) que nous jugeons préoccupantes, nous avons, en accord avec la Commune, ordonné des relevés géométriques de l'ouvrage dont les résultats sont donnés en annexe.

Les analyses des résultats montrent clairement que l'angle nord-ouest de l'ouvrage subit des tassements d'un ordre de grandeur de 1 cm alors que le reste semble stable. Ces conclusions confirment nos soupçons sur les origines des fissures larges constatées. En effet, il est probable qu'elles soient dues à des mouvements du sol sous les fondations de ces éléments fissurés.

Aucune autre investigation n'a été réalisée dans le cadre de cette inspection.

Notons toutefois que les investigations réalisées dans le cadre de l'auscultation de l'ouvrage en 2001 montraient déjà un état de dégradation avancée de plusieurs éléments de l'ouvrage.

4.2 Investigations complémentaires

4.2.1 Matériaux

Les résultats des analyses réalisées dans le cadre de l'étude de 2001 ont montré des taux de chlorure dépassant les limites fixées par les normes, une profondeur de carbonatation atteignant déjà l'armature et recouvrement insuffisant pour certains éléments de l'ouvrage. Afin d'actualiser le degré d'atteinte des éléments de l'ouvrage et définir ainsi une stratégie d'intervention, nous préconisons de nouvelles analyses sur les bétons qui consistent à une détermination du taux de chlorure, de la profondeur de carbonatation ainsi que du recouvrement des armatures. Enfin, si une vérification statique de l'ouvrage devrait être menée, il faudra également déterminer la résistance à la compression du béton.

4.2.2 Appuis

L'état des appuis guidés, en particulier au niveau de la culée sud est jugé mauvais du fait de l'état avancé de corrosion et de perte de section des plaques métalliques. Nous recommandons donc de faire analyser les appuis (de façon générale) par un spécialiste pour évaluer la capacité de ces derniers à transmettre les charges sur les culées et les piles et leur durabilité résiduelle.

4.2.3 Etudes géotechniques

Des investigations du sol de fondation, en particulier celui de la culée nord sont recommandées afin d'évaluer la stabilité des terrains aux environs de la culée. Ces investigations doivent être menées par un ingénieur géotechnicien et elles ont pour but d'exclure tout mouvement des terrains et le cas échéant définir une stratégie pour les stabiliser.

4.2.4 Statique :

Selon les conclusions de l'étude de 2001, la sécurité de l'ouvrage vis-à-vis du trafic des 40 tonnes est garantie. Cependant nous ne disposons pas de la note de calcul de l'époque. Nous préconisons donc :

- 1) la mise à disposition de la note de calcul afin d'évaluer la conformité des hypothèses de calcul utilisées par rapport aux normes actuelles de dimensionnement.
- 2) de procéder à une nouvelle vérification statique de l'ouvrage afin d'évaluer si, éventuellement, les fissures traversantes observées sur les entretoises inférieures des piles et du mur de la culée nord ne seraient pas les conséquences d'une défaillance statique due aux charges d'utilisation. De plus, du fait que les normes ont changé depuis la mise en service de l'ouvrage, il serait souhaitable de procéder à une vérification statique pour s'assurer que sa sécurité structurale ainsi que son aptitude au service sont garanties pour sa durée d'utilisation restante et le cas échéant procéder aux renforcements nécessaires pour rétablir sa sécurité.

4.3 Interventions

4.3.1 Interventions recommandées, synthèse

Malgré le rapport de 2001, aucune intervention n'a été menée sur l'ouvrage. Aujourd'hui, l'état de l'ouvrage est jugé mauvais [4]. Nous préconisons donc une intervention rapide pour assainir l'ouvrage. Afin d'élaborer un concept d'intervention, il est nécessaire de récolter les données décrites ci-dessus, à savoir :

- analyse des bétons ;
- inspection spécifique des appuis ;
- études géotechniques ;
- note de calcul de 2001 ;
- vérification statique de l'ouvrage.

Par ailleurs, le concept d'intervention devrait tenir compte des observations suivantes, faites lors de la présente inspection principale :

- remplacement du revêtement de chaussée ;
- mise en place d'une nouvelle couche d'étanchéité ;
- contrôle systématique des glissières et resserrement des pièces déboîtées ;
- remplacement des joints de chaussée.

4.3.2 Coordination avec le projet de la route de Bellevue

Dans le cadre du projet d'assainissement d'infrastructures souterraines et de réfection de surface sur la route de Bellevue au droit du pont, il est prévu de remplacer le revêtement de chaussée et des trottoirs ainsi que les bordures de trottoir. Ces travaux sont prévus en juin et juillet 2015. Le remplacement du revêtement dont l'étude détaillée se fera dans le cadre du concept d'intervention peut donc être coordonné à ces travaux sans nécessiter de frais supplémentaires ; les coûts nécessaires étant déjà compris dans le devis total du projet d'assainissement de la Commune.

Il serait judicieux d'effectuer également des travaux non prévus pour l'instant, pour ne pas devoir ré-intervenir plus tard au-dessus du pont. Ces interventions doivent être déterminées et devisées dans le concept d'intervention. Il s'agit de :

- traiter les bétons de la dalle de roulement et des bordures ;
- remplacement des deux joints de chaussée ;
- pose d'une nouvelle couche d'étanchéité.

Le reste des interventions, également à déterminer dans le concept d'intervention (assainissement des culées, traitement des fissures dans les entretoises, etc.) pourraient avoir lieu plus tard, à l'automne 2015 ou au printemps 2016, pour autant qu'une urgence plus grande ne soit détectée lors des investigations complémentaires.

4.4 Surveillance

4.4.1 Prochaine inspection

Une inspection principale devra avoir lieu cinq ans après l'intervention recommandée.

4.4.2 Prochain nivellement

Avant la prochaine inspection principale.

5 Formulaire 4 : Annexe - Dossier Photos



Photo n° 01

Élément : Appui (flexible)

Segment : AP CU SE

Commentaire : RAS



Photo n° 02

Élément : Appui (guidé)

Segment : AP CU SE

Commentaire : traces de
rouilles, état avancé de
corrosion avec perte de
section



Photo n° 03

Élément : Appui (flexible)
Segment : AP CU SO

Commentaire : RAS



Photo n° 04

Élément : Evacuation des
eaux
Segment : EE

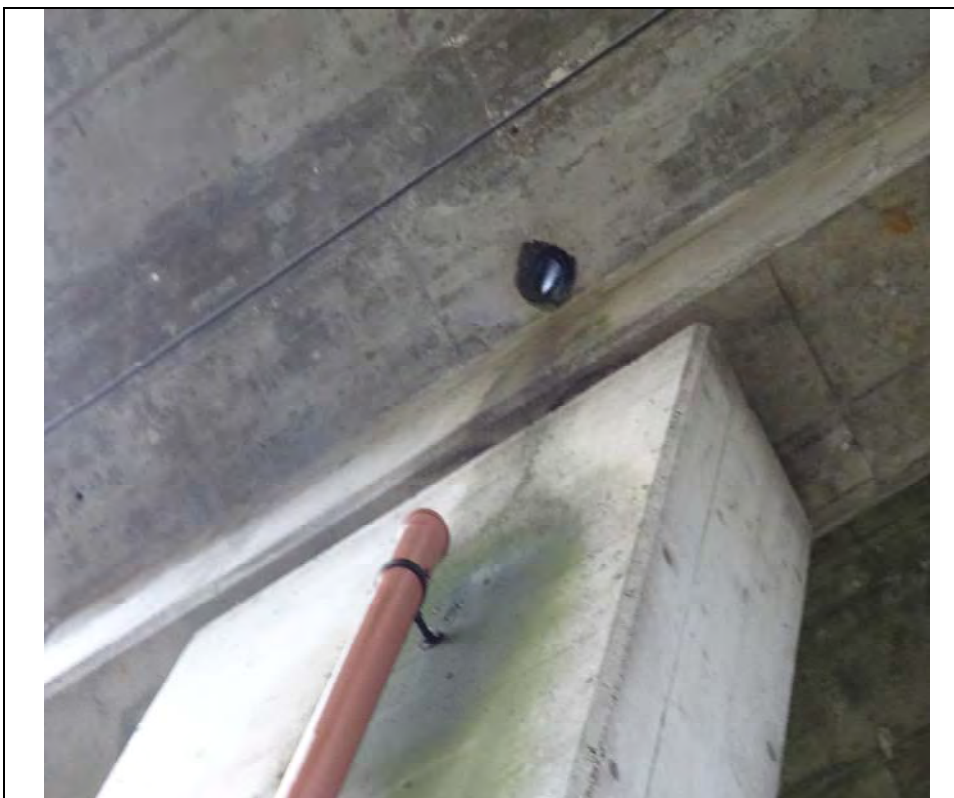
Commentaire : Aucun
dégât apparent n'est
constaté

**Photo n° 05**

Elément : Evacuation des
eaux

Segment : EE

Commentaire : Liaison
entre la conduite et la grille
située sur la face supérieur
de la dalle rompue

**Photo n° 06**

Elément : Evacuation des
eaux

Segment : EE

Commentaire : Liaison
entre la conduite et la grille
située sur la face supérieur
de la dalle rompue

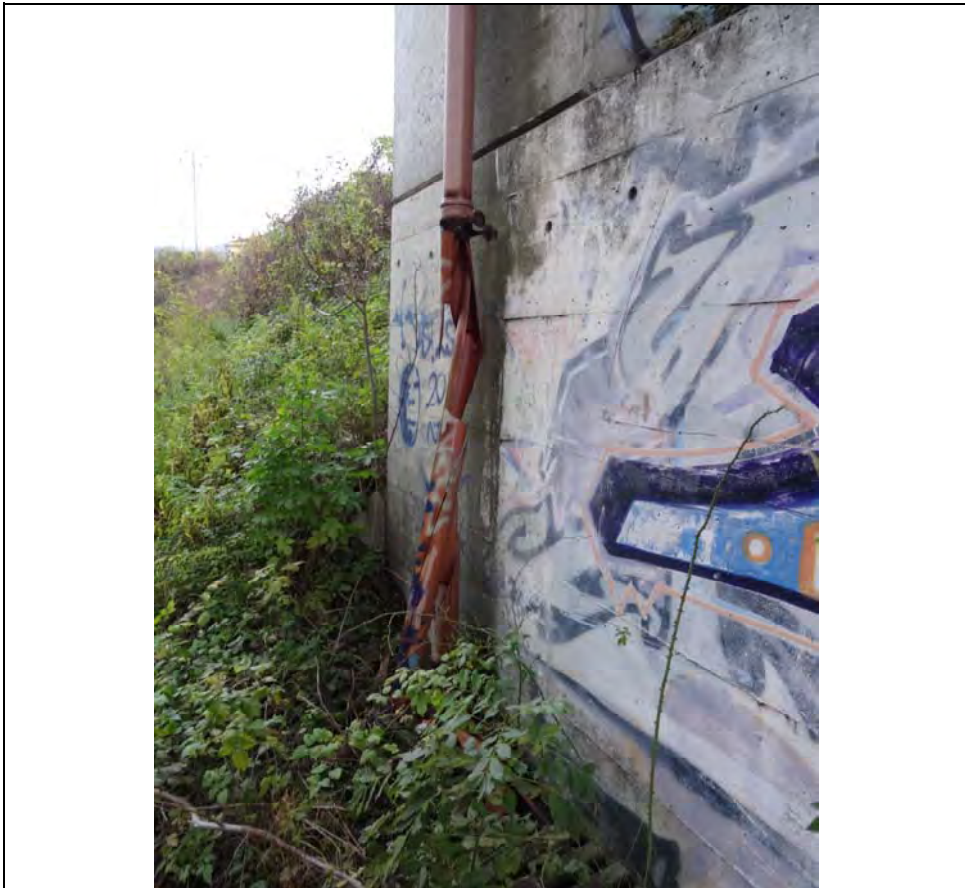


Photo n° 07

Élément : Evacuation des
eaux

Segment : EE

Commentaire : Une partie
de la conduite verticale
entièrement endommagée



Photo n° 08

Élément : Glissière

Segment : GL E

Commentaire : Pièces
déboîtées



Photo n° 09

Élément : Glissière
Segment : GL E

Commentaire : Tâches de rouille



Photo n° 10

Élément : Glissière
Segment : GL O

Commentaire : Tâches de rouille

**Photo n° 11**

Élément : Grille
Segment : GR

Commentaire : Bouchage
par de la boue et
décollement du revêtement
Grille située au sud

**Photo n° 12**

Élément : Grille
Segment : GR

Commentaire : Bouchage
par de la végétation

Grille située au centre

**Photo n° 13**

Élément : Revêtement de chaussée

Segment : RV

Commentaire : Fissure longitudinale sur toute la longueur du pont

**Photo n° 14**

Élément : Trottoir

Segment : TR E

Commentaire : Fissure transversale, décollement par rapport aux bordures, joints remplis de végétation

A peu près au centre du pont

**Photo n° 15**

Élément : Trottoir
Segment : TR E

Commentaire : Fissure,
décollement par rapport à
la bordure du trottoir,
joints remplis de végétation

Vers l'extrémité nord

**Photo n° 16**

Élément : Trottoir
Segment : TR O

Commentaire : Fissures,
décollement par rapport
aux bordures,
joints remplis de végétation



Photo n° 17

Élément : Bordure
Segment : BO E

Commentaire : Eclatements
du béton avec fers
apparents



Photo n° 18

Élément : Bordure
Segment : BO E

Commentaire : Eclatement
du béton avec fer apparent



Photo n° 19

Élément : Bordure

Segment : BO E

Commentaire : Eclatement
du béton avec fer apparent,
fissure traversante



Photo n° 20

Élément : Bordure

Segment : BO E

Commentaire : Traces
d'humidité et de tâches de
salpêtres

**Photo n° 21**

Élément : Bordure
Segment : BO E

Commentaire : Traces
d'humidité et de tâches de
salpêtres

**Photo n° 22**

Élément : Bordure
Segment : BO E

Commentaire : Décollement
de l'ordre de 3 cm par
rapport au trottoir



Photo n° 23

Élément : Bordure
Segment : BO O

Commentaire : fissure
traversante



Photo n° 24

Élément : Bordure
Segment : BO O

Commentaire : fissure
traversante



Photo n° 25

Élément : Bordure
Segment : BO O

Commentaire : Eclatement
du béton avec fer apparent



Photo n° 26

Élément : Bordure
Segment : BO O

Commentaire : Traces de
salpêtres le long des
fissures traversantes



Photo n° 27

Élément : Bordure
Segment : BO O

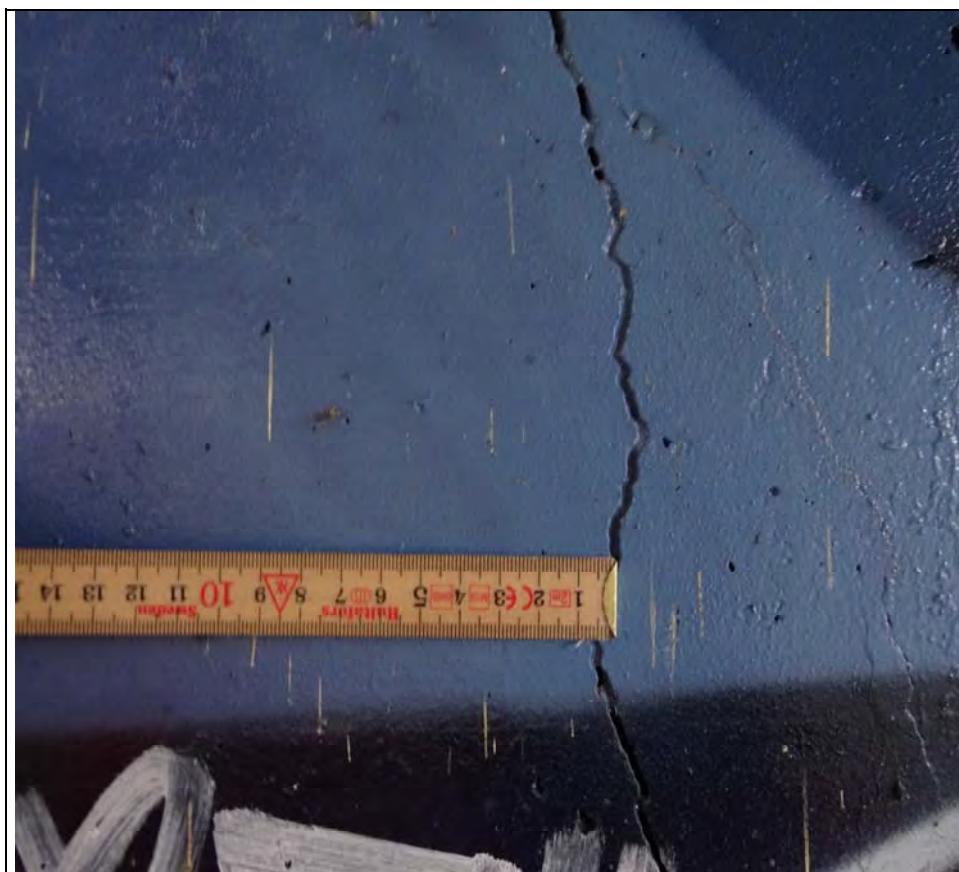
Commentaire : Traces
d'humidité et de salpêtres
le long des fissures
traversantes



Photo n° 28

Élément : Bordure
Segment : BO O

Commentaire : Décollement
de la bordure par rapport
au trottoir, joint rempli de
végétation

**Photo n° 29**

Élément : Culée
Segment : CU N

Commentaire : Fissure
traversante (ouverture = 3
mm)

Vers l'extrémité est du mur
de la culée

**Photo n° 30**

Élément : Culée
Segment : CU N

Commentaire : Fissure
traversante (ouverture = 6
mm)

Au centre du mur de la
culée



Photo n° 31

Élément : Culée
Segment : CU N

Commentaire : Tâche de rouille avec éclats de béton et fer apparent, des venues d'eau

Vers l'extrémité ouest du mur de la culée



Photo n° 32

Élément : Culée
Segment : CU N

Commentaire : des venues d'eau depuis le couronnement du mur

Vers l'extrémité ouest du mur de la culée



Photo n° 33

Élément : Culée
Segment : CU S

Commentaire : des venues
d'eau sur le mur de la culée

Vers l'extrémité ouest



Photo n° 34

Élément : Culée
Segment : CU S

Commentaire : des venues
d'eau sur le mur de la culée

Vers l'extrémité est



Photo n° 35

Élément : Culée
Segment : CU S

Commentaire : Fissure
verticale avec tâches de
rouille

A l'extrémité ouest



Photo n° 36

Élément : Entretoise
Segment : E 1

Commentaire : Photo
générale



Photo n° 37

Élément : Entretoise
Segment : E 2

Commentaire : Photo
générale



Photo n° 38

Élément : Entretoise
Segment : E N

Commentaire : Nid de
gravier

Au centre



Photo n° 39

Elément : Entretoise
Segment : E S

Commentaire : Nid de
gravier

A l'extrémité est



Photo n° 40

Elément : Entretoise
Segment : E S

Commentaire : Eclat de
béton avec fer apparent

A l'extrémité ouest



Photo n° 41

Élément : Entretoise

Segment : E I 1

Commentaire : Fissure
transversante

A centre



Photo n° 42

Élément : Entretoise

Segment : E I 1

Commentaire : Fissure
transversante

A centre



Photo n° 43

Élément : Entretoise
Segment : E I 2

Commentaire : Fissure
traversante

A centre



Photo n° 44

Élément : Joint de
chaussée
Segment : JC N

Commentaire : Traces de
rouille, joint rempli de boue
et de végétation

**Photo n° 45**

Élément : Joint de
chaussée
Segment : JC N

Commentaire : Décollement
par rapport au revêtement,
joint rempli de boue et de
végétation

**Photo n° 46**

Élément : Joint de
chaussée
Segment : JC S

Commentaire : Traces de
rouille, décollement par
rapport au revêtement, joint
rempli de végétation

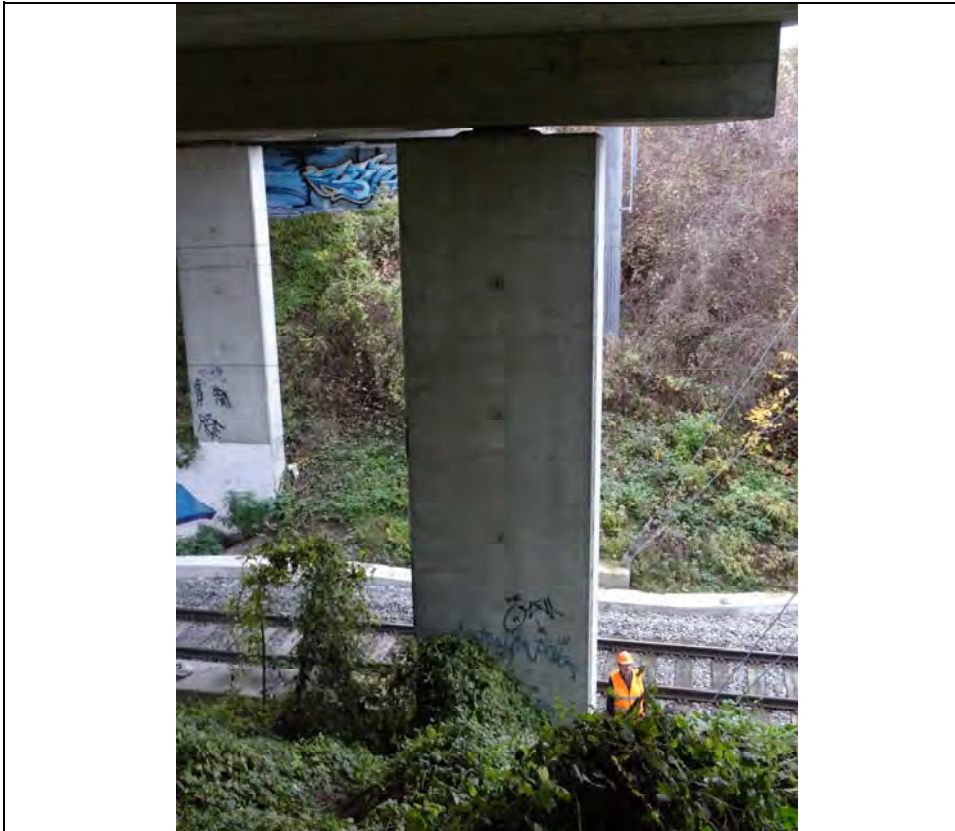


Photo n° 47

Élément : Pile
Segment : PI E1

Commentaire : Vue
générale

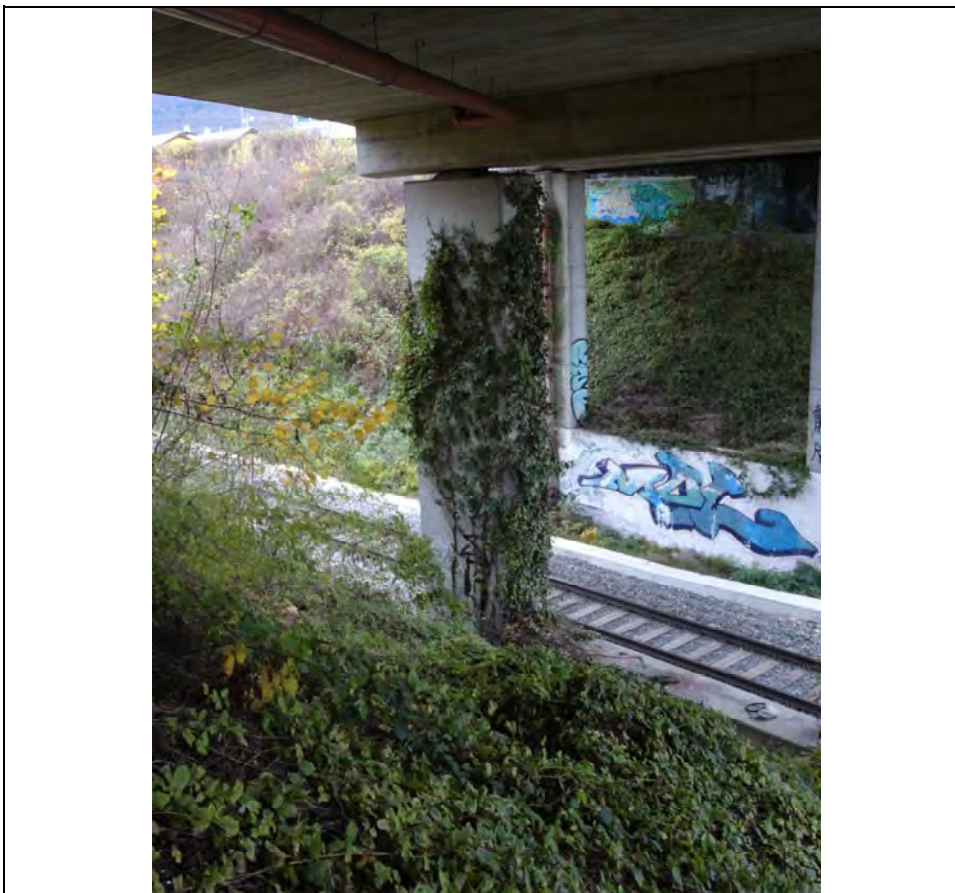


Photo n° 48

Élément : Pile
Segment : PI O1

Commentaire : Vue
générale



Photo n° 49

Élément : Pile
Segment : PI E2

Commentaire : Vue
générale

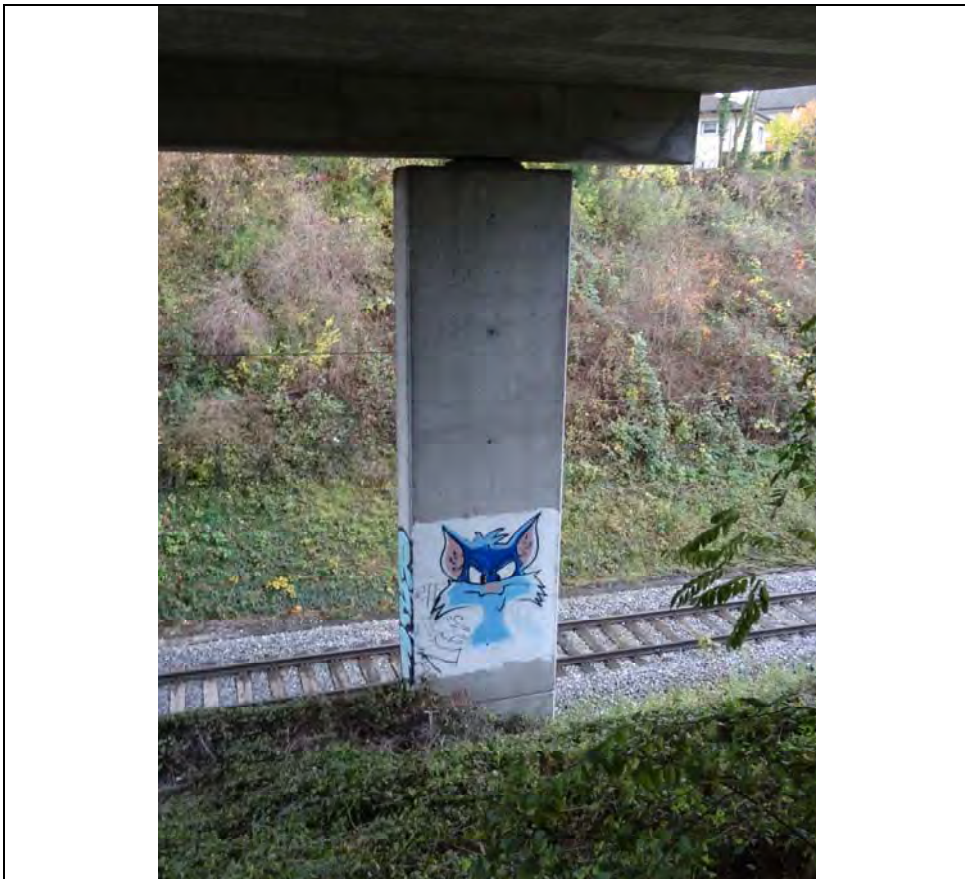


Photo n° 50

Élément : Pile
Segment : PI O2

Commentaire : Vue
générale



Photo n° 51

Élément : Tablier
Segment : TA

Commentaire : Infiltration
d'eau

A l'extrémité sud

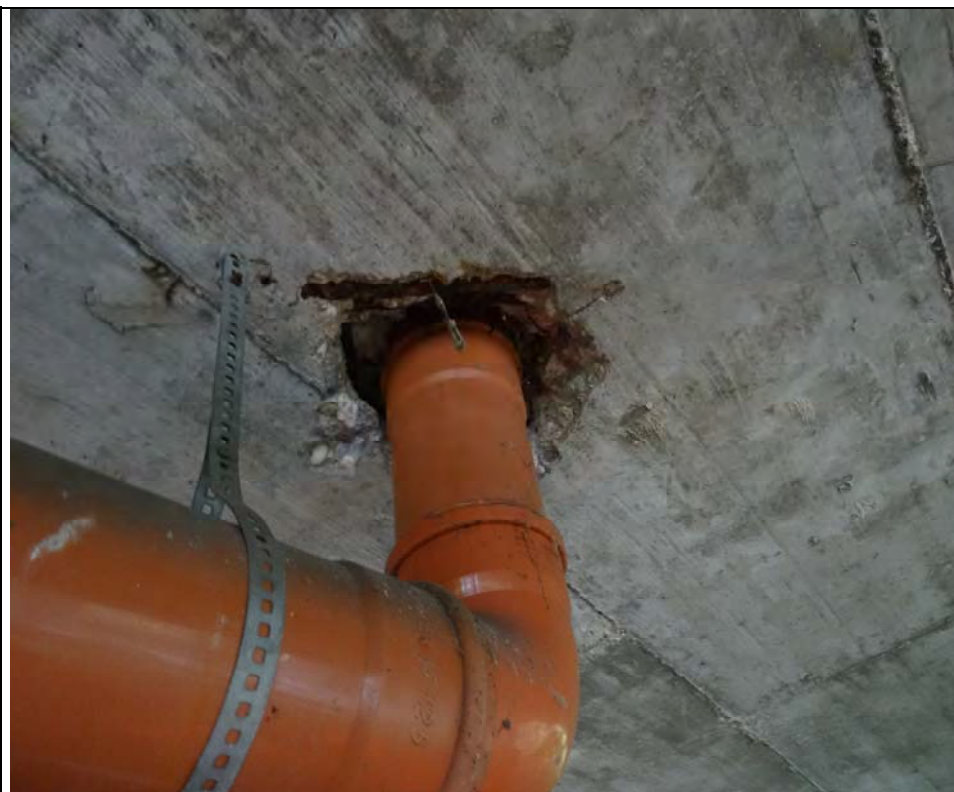


Photo n° 52

Élément : Tablier
Segment : TA

Commentaire : Eclat de
béton avec fers apparents
et corrodés

Au niveau de la liaison avec
la grille sud

6 Annexe

Résultats des relevés géométriques

Océane Dekens

De: Blaise Dysli
Envoyé: jeudi 4 décembre 2014 07:59
À: Amadou Balde
Objet: TR: Contrôle de stabilité du pont de Bellevue à Marin
Pièces jointes: croquis.pdf; controle.pdf

Amadou,

Pour info

Blaise Dysli
direction de travaux
P : 078 842 65 70 | E : blaise.dysli@mauler-ing.ch Mauler SA - ingénieurs civils | www.mauler-ing.ch Quai Ph. -
Suchard 20 | 2000 Neuchâtel | T : 032 732 55 55 | F : 032 732 55 56 | E : msa@mauler-ing.ch ☒
L'environnement, un sujet qui nous concerne tous. N'imprimons que l'indispensable !

-----Message d'origine-----

De : Marc Borel (GEOgroupe SA) [mailto:marc.borel@geogroupe.ch] Envoyé : mercredi 3 décembre 2014 20:05 À :
Blaise Dysli Cc : Tomic Malissa Objet : Contrôle de stabilité du pont de Bellevue à Marin

Messieurs,

Veillez trouver, en pièces jointes, les résultats de nos mesures et analyses de ce jour concernant la stabilité du pont de Bellevue. Les mesures ont été réalisées dans des conditions un peu difficiles de circulation et de chantier mais sont d'excellente qualité (4 mesures effectuées sur tous les points, écarts maximum 0,5 mm, écarts moyen 0,25 mm !)

Nous avons eu de la chance en retrouvant immédiatement toutes les archives de 2001 (j'étais alors employé de NIG ...) et en retrouvant les points sur place. Ce mandat a pu être rempli en un temps record, même s'il m'a pris un peu plus de temps que prévu ! Nous nous en tiendrons cependant au plafond de 500.- convenu avec Monsieur Dysli.

En vous remerciant pour votre demande et en restant à votre disposition en cas de questions complémentaires, nous vous envoyons, Messieurs, nos meilleures salutations.

M. Borel

--

Ingénieur-Géomètre EPFL - Directeur GEOgroupe SA

Rue de la Fleur-de-Lys 13 Tél: 032 731 32 26
2074 Marin-Epagnier Fax: 032 731 32 29
www.geogroupe.ch Natel: 078 766 68 97

Commune de La Tène

Contrôle de tassement du pont de Bellevue

Affaire N° 1412.845

Les points contrôlés ont été repeints et numérotés sur la barrière lors des mesures de l'état 1

Etat Date N° des points	Etat 0 22-mai-01	Etat 1 03.12.2014		Etat 2			Etat 3			Etat 4			Etat 5		
	H [m]	H [m]	1 - 0 [mm]	H [m]	2 - 1 [mm]	2 - 0 [mm]	H [m]	3 - 2 [mm]	3 - 0 [mm]	H [m]	4 - 3 [mm]	4 - 0 [mm]	H [m]	5 - 4 [mm]	5 - 0 [mm]
1	48.3100	48.3131	3												
2	48.5626	48.5635	1												
3	48.7924	48.7940	2												
4	49.0443	49.0466	2												
5	49.2664	49.2670	1												
6	49.5255	49.5187	-7												
7	49.8192	49.8071	-12												
11	48.2080	48.2118	4												
12	48.4399	48.4389	-1												
13	48.6877	48.6890	1												
14	48.9416	48.9439	2												
15	49.1846	49.1863	2												
16	49.4681	49.4683	0												
17	49.6790	49.6802	1												

Précision relative des mesures d'un état: ± 0.5 mm

Les altitudes H sont locales

Précision absolue du callage entre état 0 et état 1: ± 3 mm (les deux seuls points de rattachement 102 et 103 présentent une tention relative de 6 mm, état 1 calé sur horizon moyen 102-103)

Nous avons rajouté des points de rattachement 105 et 106 en remplacement des points disparus 101 et 104. Nous manquons cependant de bon points stables (travaux en cours).

Nous pourrions imaginer de placer des cibles sur les bâtiments voisins mais il faudrait encore demander l'accord des propriétaires (délais trop courts pour l'état 1).

Analyse géométrique synthétique:

Si on analyse la forme du pont pour lui-même, en relatif, on peut clairement affirmer que l'angle nord-ouest (côté espace troglodyte) plonge d'un ordre de grandeur de 1 cm alors que le reste semble avoir gardé sa forme générale. En effet, si l'on baissait les altitudes de l'état 1 de 1 mm, tous les points correspondraient bien à l'état 0 excepté les points 6 et 7 qui descendent progressivement de 8 et 13 mm.



D@5B`Bš

1

LEGENDE:

Tous les points sont matérialisés par des vis avec rondelle + peinture, numéros sur la barrière

Points rouge = points de rattachement

Points verts = points de contrôle retrouvés sur ouvrage

gHV]g f`UVgY`Xg`cbb]g`XY`Ua`Ybg`rUhc`cZM`Y`Yb`ghh`Xr`a`U`88%

Croquis.dwg / 3 déc. 2014 / MARC

GEOgroupe SA

fb]b]Y`fg`l`f`fca`fHYg

Rue de la Fleur-de-Lys 13

2074 Marin - Epagnier

T: 032 / 731 32 26

F: 032 / 731 32 29

mail: info@geogroupe.ch

url: www.geogroupe.ch



Ingénieurs - Géomètres

ECHELLE

1:500