



Chemins de fer du Jura

Compagnie des chemins de fer du Jura (C.J.) SA

Direction

Rue du Général-Voirol 1
CH - 2710 TAVANNES
T +41 (0)32 482 64 50
F +41 (0)32 482 64 79
information@les-cj.ch
www.les-cj.ch



La Chaux-de-Fonds

MÉTROPOLE HORLOGÈRE

Ville de La Chaux-de-Fonds

Services techniques

Pass. L.-Robert 3
CH - 2300 LA CHAUX-DE-FONDS
T +41 (0)32 967 64 02
F +41 (0)32 722 07 36
tp.administration.vch@ne.ch
www.chaux-de-fonds.ch

N° de ligne :

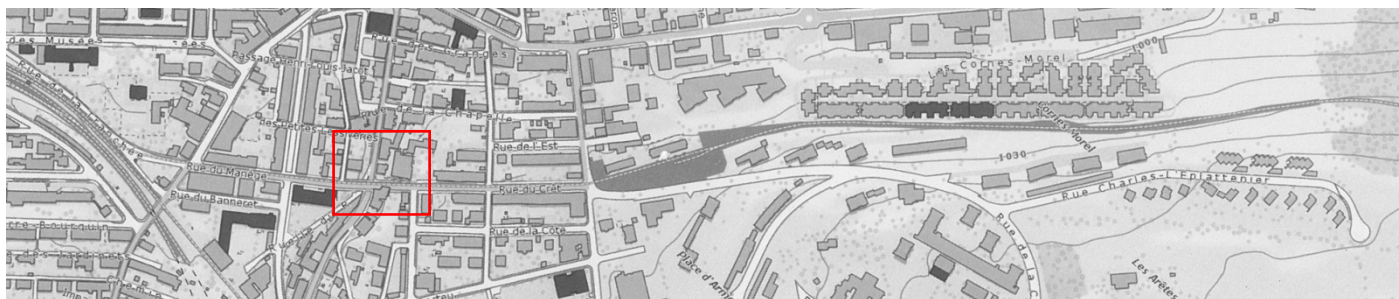
236 / Chaux-de-fonds – Glovelier, Tronçon km 42.766 – km 43.625

Projet :

LA CHAUX-DE-FONDS EST

Chapitre :

E – Dossier pont du Manège



PROJET DEFINITIF

Pièce N° **E.3**

Rapport technique

Chemins de fer du Jura

.....
F. Bolliger
Directeur

.....
I. Perrin
Chef de division voie et bâtiments

Ville de La Chaux-de-Fonds

.....
T. Huguenin-Elie
Directeur

.....
P. Schneider
Ingénieur communal

N° / 1880-RN004

Mises à jour :

Indice	Date	Auteur
	05.10.2015	M. Thomann
a	20.10.2015	M. Thomann
b		
c		
d		
e		

gvh
ingénieurs civils EPF-SIA

.....
M. Thomann
Chef de projet

Table des matières

1.	Introduction	3
1.1	Contexte	3
1.2	Description de l'ouvrage	3
1.3	Durée de service après travaux	4
1.4	Documents de référence	4
2.	Synthèse des vérifications statiques et de l'inspection	6
2.1	Vérifications statiques	6
2.2	Inspection de l'ouvrage	6
2.3	Décision	9
3.	Projet d'assainissement du pont	10
3.1	Phase I : Tablier et estacades / 2017	10
3.2	Phase II : Murs de grève des deux culées / 2017	10
3.3	Phase III : Appuis et culées / 2019	10
3.4	Phase IV : Intrados / 2019	11
3.5	Durée de vie de l'ouvrage	11
4.	Description des solutions techniques retenues	12
4.1	Voie ferrée	12
4.2	Evacuation de l'eau	12
4.3	Conduites pour services et CJ	12
4.4	Garde-corps	12
4.5	Etanchéité et revêtement	12
4.6	Mise à terre	13
5.	Contraintes particulières liées à la conservation de l'ouvrage existant	14
5.1	Trafic routier	14
5.2	Trafic ferroviaire	14
6.	Organisation des travaux	15
6.1	Planning	15
6.2	Gestion du trafic	15
6.3	Emissions et environnement	15
7.	Coûts	16
8.	Annexes	17
8.1	Annexe 1 – Rapport d'inspection principale 2015 (RN001)	17
8.2	Annexe 2 – Plan d'investigations (PG001)	18
8.3	Annexe 3 – Vérification statique de l'ouvrage (RN002)	19
8.4	Annexe 4 – Rapport de synthèse (RN003)	20

1. Introduction

1.1 Contexte

Le projet « Chaux-de-Fonds Est » concerne le renouvellement de la voie ferroviaire aux rues du Crêt et du Manège avec une reconstruction partielle de la chaussée et un assainissement majeur du Pont du Manège.

L'ouvrage, qui relie la rue du Crêt à la Rue du Manège en franchissant la rue de l'Hôtel de Ville à La Chaux-de-Fonds, est un pont en béton précontraint multipoutres construit en 1959. Il est ouvert au trafic routier et piétons, et accueille également une voie ferroviaire à voie étroite des Chemins de fer du Jura (CJ).

Le projet a deux maîtrises d'ouvrage : la Ville de La Chaux-de-Fonds en tant que pilote et les CJ. Le bureau d'ingénieur mandaté pour la constitution du dossier PAP de l'ouvrage est le bureau GVH Saint-Blaise SA, auteur de l'inspection principale et de l'expertise statique de 2015.

Cette inspection et l'expertise statique ont montré que l'ouvrage peut être conservé pour une durée de service supplémentaire d'environ 40 ans à condition d'entreprendre rapidement des travaux d'assainissement, en particulier sur le tablier (étanchéité déficiente), les joints de chaussée et les culées. Les poutres principales sont en bon état et ne nécessitent pas de renforcement ni d'assainissement important.

1.2 Description de l'ouvrage

La Figure 1 illustre la conception générale de l'ouvrage. La portée du pont est de 41.2 m. La section transversale est constituée de 5 poutres préfabriquées en I de 2.25 m de hauteur et d'une dalle (sur-béton) de 20 cm d'épaisseur. La largeur hors tout du tablier est de 13.58 m. Les poutres en I sont fortement précontraintes par des câbles paraboliques injectés. Des entretoises en béton armé précontraint relient les 5 poutres entre elles. Les culées sont en maçonnerie complétées par un banc d'appui et un mur de grève en béton armé. Elles ne sont actuellement pas visitables. Les garde-corps métalliques sont scellés dans les bordures en béton. Les estacades sont des porte-à-faux de longueur variant entre 1.6 et 1.8 m situées de part et d'autre de l'ouvrage dans la prolongation du trottoir Nord.

Depuis sa construction, l'ouvrage a fait l'objet de plusieurs inspections et évaluations statiques. Seuls des travaux mineurs de maintenance ont été entrepris jusqu'à ce jour.

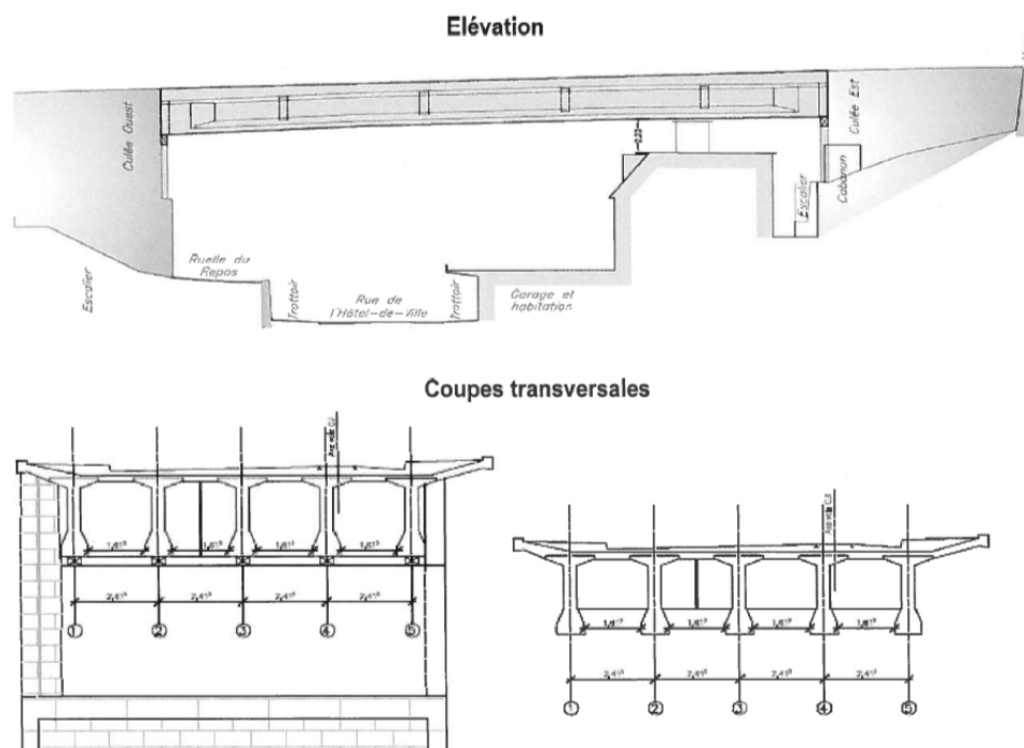


Figure 1 Elévation et coupes type de l'ouvrage.

1.3 Durée de service après travaux

La durée de service restante de l'ouvrage après les travaux de réfection est fixée à :

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ▪ structures porteuses : | 40 ans |
| ▪ culées : | 40 ans (avec maintenance des joints) |
| ▪ appareils d'appuis : | 25 ans |
| ▪ étanchéités et évacuation des eaux: | 30 ans |
| ▪ revêtement : | 25 ans |
| ▪ garde-corps : | 40 ans |

1.4 Documents de référence

Les bases suivantes sont utilisées :

1.4.1 Documents d'archive de la construction de l'ouvrage (1959)

- [1] Plans d'ensemble, de détails et de coffrage (19 plans).
- [2] Plans de ferrailage (9 plans) et de précontrainte (7 plans).
- [3] Note de calcul du 10 juin 1959.

1.4.2 Rapports sur l'état de l'ouvrage, rapports d'inspection

- [4] VSL International, Photo-Dokumentation, Auftrag 88.026, Untersuchung 6.10.1988.
- [5] VSL International, Bericht, Pont de l'Hôtel de Ville, La Chaux-de-Fonds, Auftrag 88.026, 07.12.1988.
- [6] VSL International, Rapport no 89034, Pont de l'Hôtel de Ville, La Chaux-de-Fonds, 22.12.1989.
- [7] Andres Stamm Ingénieurs civils SA, Assainissement Pont de l'Hôtel de Ville, Devis estimatif, 16.08.1991.
- [8] Andres Stamm Ingénieurs civils SA, Pont de l'Hôtel de Ville, Réfection des bordures et des garde-corps, 24.06.1994.

- [9] Andres Stamm Ingénieurs civils SA, Pont de l'Hôtel de Ville, Réfection des bordures et des garde-corps, 11.08.1995.
- [10] Stamm Concept, Pont de l'Hôtel de Ville, Notice récapitulative, 23.07.2007.
- [11] Ertec, Expertise du Pont de l'Hôtel de Ville à la Chaux-de-Fonds, NE 08.0006, 2 documents, fév. 2009.
- [12] Ybr Géologues SA, Remplacement du Pont de l'Hôtel de Ville La Chaux-de-Fonds, Etude géologique et géotechnique, nov. 2012.
- [13] GVH Ingénieurs civils SA, Pont de l'Hôtel de Ville, Rapport d'inspection principale 2015, 1880-RN001, 26.06.2015.
- [14] GVH Ingénieurs civils SA, Pont de l'Hôtel de Ville, Plan d'investigations, 1880-PG001, 25.06.2015.

1.4.3 Rapports techniques et sur la statique de l'ouvrage

- [15] Andres Stamm Ingénieurs civils SA, Pont de l'Hôtel de Ville, Contrôle de la sécurité structurale, Rapport technique, 21.08.2001.
- [16] Stamm Concept, Pont de l'Hôtel de Ville, Vérification générale avec contrôle statique, Rapport technique, 31.03.2009.
- [17] GVH Ingénieurs civils SA, Pont de l'Hôtel de Ville, Vérification statique de l'ouvrage, 1880-RN002, 26.06.2015.
- [18] GVH Ingénieurs civils SA, Pont de l'Hôtel de Ville, Rapport de synthèse, 1880-RN003, 26.06.2015.

1.4.4 Normes, directives et autres documents

- [19] Normes SIA 260 à 262, édition 2013/2014.
- [20] Norme SIA 269, édition 2011.
- [21] Documentation OFROU 82001f, Evaluation de ponts routiers existants avec un modèle de charge de trafic actualisé, Office fédéral des routes, édition 2006.
- [22] Directive OFROU 12004f, Détails constructifs des ponts, C04 – Bordure de pont et terre-plein central, Office fédéral des routes, décembre 2008.
- [23] DE-OCF (Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer), Département fédéral de l'environnement, des transports de l'énergie et de la communication DETEC, 01.07.2015.

2. Synthèse des vérifications statiques et de l'inspection

Les rapports détaillés fournis en annexe servent de base aux paragraphes ci-dessous :

- Annexe 1 : rapport RN001 [13] – rapport d'inspection principale 2015.
- Annexe 2 - plan PG001 [14] – Plan d'investigations.
- Annexe 2 : rapport RN002 [17] – vérification statique de l'ouvrage.
- Annexe 3 : rapport RN003 [18] – rapport de synthèse.

2.1 Vérifications statiques

Le Pont du Manège a été vérifié selon les dernières informations connues (propriété de l'acier d'armature passive, modèles de résistance des normes en vigueur, adaptation des modèles de charge ferroviaire et routier) au moyen de la série de normes SIA 269.

Les résultats principaux sont les suivants :

- | | |
|--|--------------|
| ▪ Tablier, résistance à la flexion : | conforme |
| ▪ Tablier, résistance à l'effort tranchant : | conforme |
| ▪ Résistance et stabilité de l'ouvrage au séisme : | conforme |
| ▪ Estacades, résistance à la flexion et à l'effort tranchant : | conforme |
| ▪ Garde-corps et bordures : | non conforme |

Ces vérifications montrent que, à condition que l'état de l'ouvrage ne se détériore pas, la sécurité structurale de l'ouvrage est garantie, à l'exception de la sécurité du garde-corps et des bordures. Pour ces éléments, une intervention de maintenance est fortement recommandée d'ici 2017. L'ouvrage peut donc être laissé en service aux conditions actuelles de trafic (trafic ferroviaire LM5, pas de convois routiers exceptionnels).

En cas de prolongation de la durée de service au-delà de 2025, les hypothèses de chargement de trafic routier devront être revues. L'influence de ces charges sur la sécurité reste toutefois relativement faible.

Il est à relever que l'influence du modèle de charge ferroviaire sur la sécurité structurale est marquée. L'hypothèse d'un modèle de charge LM5 est donc importante. Un chargement selon le modèle LM6 ne peut pas être accepté sur l'ouvrage.

2.2 Inspection de l'ouvrage

Le tableau 1 ci-dessous synthétise l'état général, par partie d'ouvrage, au moyen d'une note de 1 à 5, selon la légende suivante :

- 1 = en bon état - 2 = en état acceptable - 3 = en état défectueux
4 = en mauvais état - 5 = en état alarmant - (9 = état incontrôlable).

La colonne de droite indique les observations et résultats principaux issus de l'inspection et des investigations sur l'ouvrage.

Eléments de construction	Etat général 2015 (après investig. 2015)		Principaux résultats d'investigations, dégradations observées et problématiques identifiées
Appareils d'appui	4	En mauvais état	<ul style="list-style-type: none"> ▪ appuis écrasés et déformés, avec fissuration, déchirure ou éclatement de l'élastomère et traces de corrosion des plaques de frettage ▪ humidité alentours ▪ fissuration des socles béton
Culées	4	En mauvais état	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nombreuses infiltrations actives, avec dépôts de calcite, dans l'espace de dilatation ▪ zones humides actives sur banc d'appui ▪ épaufrures et traces de corrosion ▪ jointoyage de la maçonnerie partiellement dégarni ou décollé ▪ fissuration ou épaufrure de certains moellons ▪ teneurs en chlorures fortement élevées ▪ degré de corrosion variant KG 3 à KG 4 ▪ enrobage souvent insuffisant
Dalle de roulement	3	En état défectueux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zones humides légèrement efflorescentes ▪ infiltrations efflorescentes actives au droit de pipettes ou joint de clavage longitudinal ▪ traces de corrosion, petits éclatements de béton avec armatures dénudées ▪ teneurs en chlorures élevées ▪ degré de corrosion KG 2 à KG 3 ▪ enrobage souvent insuffisant
Poutres précontraintes	2	En état acceptable	<ul style="list-style-type: none"> ▪ traces d'humidité (aile sup.) et zone humide (âme sur culée) ▪ piqûres de rouille et traces de corrosion ▪ éclatement de béton, avec armature longitudinale partiellement dénudée ▪ dépôt de suie au droit d'une cheminée ▪ teneurs en chlorures faibles à légèrement élevées ▪ degré de corrosion KG 2 à KG 3 ▪ enrobage insuffisant de plusieurs étriers ▪ profondeur de carbonatation localement supérieure à l'enrobage effectif ▪ résistance à la traction d'armature relativement basse => acier de type IIa supposé
Entretoises précontraintes	2	En état acceptable	<ul style="list-style-type: none"> ▪ traces d'humidité, principalement localisées aux abords du joint de clavage longitudinal ▪ piqûres de rouille et traces de corrosion ▪ présence de nids de gravier ▪ teneurs en chlorures légèrement élevées

Eléments de construction	Etat général 2015 (après investig. 2015)		Principaux résultats d'investigations, dégradations observées et problématiques identifiées
Bordures	4	En mauvais état	<ul style="list-style-type: none"> ▪ intense fissuration longitudinale ($w > 0.8$ mm), souvent humide et efflorescente ▪ microfissuration en faïence, humide ▪ nombreuses concrétions en intrados ▪ multiples épaufrures et éclatements de béton ayant nécessité la pose de filets de protection ▪ traces de corrosion (étriers dénudés)
Etanchéité - Revêtement	4	En mauvais état	<ul style="list-style-type: none"> ▪ importante fissuration du revêtement (abords de la voie ferroviaire) ▪ écaillages de la couche de roulement ▪ absence de joint coulé à chaud entre revêtement de chaussée et surfaces attenantes aux joints de dilatation en bitume polymère ▪ absence de joint de bord contre trottoirs ▪ zones humides en intrados de dalle, révélant une étanchéité localement défectueuse
Trottoirs	3	En état défectueux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nombreuses fissures du revêtement ▪ petits écaillages de l'enrobé bitumineux ▪ perte locale de matière bitumineuse ▪ absence de joint de bord contre bordures ▪ absence de joint coulé à chaud le long des joints de dilatation mécaniques ▪ espace sous tôle de joint mécanique, permettant l'infiltration des eaux de chaussée ▪ bordurettes épaufrées ▪ zones humides en intrados de porte-à-faux, révélant une étanchéité défectueuse
Joint de chaussée	3	En état défectueux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ surface de joint légèrement affaïssée ▪ raccords au revêtement localement décollés ▪ perte de gravillons pré-enrobés => réduction de l'effet anti-dérapant ▪ joints en bitume polymère réalisés uniquement sur la chaussée ▪ corrosion des tôles striées de recouvrement
Garde-corps	3	En état défectueux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ garde-corps entièrement rouillés ▪ corrosion de la base de plusieurs montants de garde-corps, avec perforation de l'acier ▪ montants de garde-corps scellés directement dans le béton de bordure

Eléments de construction	Etat général 2015 (après investig. 2015)		Principaux résultats d'investigations, dégradations observées et problématiques identifiées
Estacades Nord (Est et Ouest)	3	En état défectueux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ garde-corps entièrement rouillés ▪ corrosion de la base de plusieurs montants de garde-corps, avec perforation de l'acier ▪ montants de garde-corps scellés directement dans le béton de bordure ▪ microfissuration en faïence du couronnement de bordure, humide ▪ petits écaillages de l'enrobé bitumineux ▪ absence de joint de bord contre bordures ▪ bordurettes épaufrées ▪ zones humides en intrados de porte-à-faux, avec plusieurs fissures traversantes humides ou efflorescentes ▪ traces d'infiltration efflorescente en base de porte-à-faux ▪ armatures partiellement dénudées et corrodées en intrados ▪ cornière d'appui pour dalle d'accès au bâtiment complètement corrodée, avec délitage de l'acier ▪ jointoyage de la maçonnerie partiellement dégarni ou décollé ▪ fissuration ou épaufrure de certains moellons ▪ traces d'humidité sur la maçonnerie et venues d'eau provenant des joints évidés ▪ teneurs en chlorures modérées à légèrement élevées ▪ degré de corrosion KG 1 à KG 2
Fondations	9	Non contrôlé	

Tableau 1 - Synthèse de l'état du Pont du Manège, selon inspection et après investigations 2015.

2.3 Décision

Sur la base des conclusions des § 2.1 et 2.2 et compte tenu du budget présenté au chapitre 7 et du planning présenté au chapitre 6.1, la Ville de La Chaux-de-Fonds a décidé de favoriser la prolongation de la durée de vie de l'ouvrage existant en lieu et place d'un remplacement complet de l'ouvrage. Pour permettre la prolongation de la durée de vie de l'ouvrage, des travaux d'assainissement sont nécessaires. Ils sont présentés ci-dessous.

3. Projet d'assainissement du pont

Les travaux sont projetés pour les années 2017-2019 et sont décrits ci-dessous. Seules les phases I et II nécessitent une fermeture de l'ouvrage au trafic routier et ferroviaire. Les phases III et IV peuvent être exécutées avec maintien du trafic sur l'ouvrage.

La pièce E.4 illustre ces travaux en détail.

De manière générale, les travaux projetés ne touchent pas à la structure porteuse de l'ouvrage. Il s'agit essentiellement d'assainissement d'éléments non porteurs (étanchéité, joints, etc.).

3.1 Phase I : Tablier et estacades / 2017

Réfection complète de l'étanchéité, du sur-béton, du revêtement et des joints de chaussée :

- Démolition et reconstruction de nouvelles bordures.
- Remplacement des garde-corps actuels par de nouveaux garde-corps rehaussés à 1.4 m.
- Réfection complète du système d'étanchéité et revêtement, y compris sur les trottoirs et les estacades, avec au préalable un traitement anti-corrosion des armatures et le remplacement du béton d'enrobage contaminé aux chlorures.
- Nouveau sur-béton (non porteur) pour la création du profil en travers et l'enrobage des rails CJ. Utilisation d'un béton léger ($\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$) permettant de compenser l'augmentation de l'épaisseur moyenne du sur-béton de manière à conserver le même poids propre non porteur qu'actuellement.
- Revêtement de chaussée : 2 couches d'asphalte MA 11 S (50mm + 40mm).
- Revêtement des trottoirs : 1 couche d'asphalte MA 11 N (40mm).
- Réfection complète des joints de chaussée, y compris sur les trottoirs. Les nouveaux joints de chaussée sont des joints de type Thorma.
- Mise en place d'appuis de rails en caoutchouc type « PréfaRail » ou équivalent.

3.2 Phase II : Murs de grève des deux culées / 2017

Création de culées visitables :

- Dégrappage de l'enrobé et excavation de l'infrastructure routière, démolition des murs de grève, avec conservation des anciens massifs en béton situés entre les extrémités des poutres principales sur les culées.
- Aménagement d'un couloir de visite en tête de culée, avec reconstruction d'un mur de grève derrière le banc d'appui actuel et reconstitution d'un système de drainage derrière les nouveaux murs de grève.
- Prolongement des anciens massifs en béton dans le nouveau mur de grève, avec réalisation d'une ouverture de passage.

3.3 Phase III : Appuis et culées / 2019

Assainissement :

- Remplacement des appareils d'appui en élastomère fretté.
- Assainissement des culées, avec rejointoyage de la maçonnerie et remplacement de moellons des murs de culée et des murs d'aile, traitement anti-corrosion des armatures et remplacement du béton d'enrobage contaminé aux chlorures des bancs d'appui.

3.4 Phase IV : Intrados / 2019

Assainissement et protection :

- Traitement anti-corrosion d'armatures et ragréages localisés sur intrados de dalle, poutres et entretoises.
- Enduit de protection de type élastique sur l'intrados des poutres et les cachetages de la précontrainte des entretoises intermédiaires (frein à la carbonatation).

3.5 Durée de vie de l'ouvrage

La durée de vie de l'ouvrage est portée à environ 40 ans, soit jusqu'en 2060 environ, sous réserve de l'évolution normative en matière de vérification des structures porteuses (SIA 269).

En effet, bien que l'état de l'ouvrage soit indépendant des normes, la sécurité structurale est en revanche dépendante des charges définies par la norme SIA 269. Or, ces charges routières à utiliser pour la vérification statique sont susceptibles d'évoluer à l'horizon 2025. Il faut toutefois relever que seule une augmentation très forte de ces charges routières conduirait à une remise en cause de la sécurité structurale.

Le chargement ferroviaire doit quant à lui respecter le modèle LM5. Un chargement selon le modèle LM6 ne pourra pas être admis sur l'ouvrage.

4. Description des solutions techniques retenues

4.1 Voie ferrée

La voie ferrée est une voie métrique correspondant au gabarit B selon DE-OCF (transport de marchandises sur trucs porteurs). La vitesse des trains est limitée à 40 km/h. Les charges ferroviaires correspondent au modèle de charge LM5.

Un nouveau tracé de la voie CJ par rapport au tracé actuel est pris en compte (déplacement de la voie de 13 cm vers le Sud par rapport à la position actuelle).

Les CJ ont opté pour des rails de type « PréfaRail » ou équivalent qui sont préfabriqués avec une jaquette en caoutchouc sur 3 faces.

Ces appuis en caoutchouc permettent d'absorber une partie importante des vibrations transmises par la voie à l'ouvrage et aux structures environnantes. Ce système nécessite une hauteur de construction de 26 cm au-dessus de la protection de l'étanchéité. Cette hauteur sera créée au moyen d'un remplissage avec du béton léger d'une masse volumique d'environ 1200 kg/m³.

Des joints de rail sont prévus de part et d'autre de l'ouvrage, souffle +/- 15 mm.

Les bordures des trottoirs sont prévues 35 cm au-dessus du niveau de la chaussée pour servir de glissière en cas de déraillement d'un train. Les garde-corps ne sont en conséquence pas dimensionnés pour résister à un choc ferroviaire.

Il n'est pas possible, pour des raisons de sécurité structurale, d'équiper une deuxième voie CJ sur l'ouvrage.

4.2 Evacuation de l'eau

- Système d'évacuation des eaux de chaussée au moyen de pentes transversales en toit depuis l'axe de la voie CJ (min. 1.0 %) et longitudinales (pente naturelle de l'ouvrage). Deux dépotoirs sont prévus sur l'ouvrage avant le joint de chaussée Ouest (point bas).
- Joints de chaussée de type Thorma.
- Drainage derrière les culées avec regards pour curage et contrôle.
- Création de culées visitables pour la maintenance et les inspections futures.

4.3 Conduites pour services et CJ

- Passage de 4 tubes PE Ø 120 mm dans le trottoir Nord.
- Passage de 5 tubes PE Ø 100 mm et de 2 tubes PE Ø 120 mm pour les services (Viteos et réserve) dans le trottoir Sud.

4.4 Garde-corps

- Nouveau garde-corps réhaussé à 1.40 m de hauteur.
- Protection anticorrosion par zingage au feu.

4.5 Etanchéité et revêtement

- Etanchéité LBP collée en plein sur la chaussée et les trottoirs (sur l'ouvrage et sur les estacades).
- Protection d'étanchéité de type BEKA.

- Revêtement de chaussée composé de 2 couches d'asphalte MA 11 S (50 mm + 40 mm), gravillonné.
- Revêtement des trottoirs (sur l'ouvrage et sur les estacades) composé d'une couche d'asphalte MA 11 S de 40 mm.

4.6 Mise à terre

- Pas de mise à terre du tablier.
- Des points de mesure du potentiel électrique seront accessibles depuis les culées visitables. Les points de mesure suivants sont prévus :
 - 1 point à chaque culée, reliés aux armatures passives du tablier,
 - 1 point à chaque culée, reliés aux armatures passives des poutres (à confirmer selon faisabilité technique).

5. Contraintes particulières liées à la conservation de l'ouvrage existant

5.1 Trafic routier

L'ouvrage est vérifié statiquement au moyen de la norme SIA 269 pour l'évaluation des ouvrages existants, avec les facteurs $\alpha_{Q1} = 0.7$, $\alpha_{Q2} = 0.5$, $\alpha_q = 0.4$. Ces facteurs sont susceptibles d'évoluer à l'horizon 2025. Dans ce cas, les hypothèses de chargement de trafic routier devront être revues et la sécurité de l'ouvrage devra être contrôlée à nouveau. L'influence des charges routières (facteurs α_Q et α_q) sur la sécurité reste toutefois relativement faible.

Aucun transport routier exceptionnel de type I, II ou III n'est autorisé en exploitation normale. Il appartient à la Ville de La Chaux-de-Fonds de faire appliquer cette disposition.

Le passage de transports routiers exceptionnels pourrait être envisagé moyennant la prise de mesures d'exploitation particulières telles que :

- fermeture de l'ouvrage au trafic ferroviaire et routier durant le passage du convoi,
- définition de la vitesse autorisée du convoi exceptionnel,
- définition de la position transversale du convoi exceptionnel sur le tablier.

Ces mesures doivent être définies de cas en cas par un ingénieur civil en fonction du type de convoi considéré.

Les grues roulantes jusqu'à 60 to de poids total sont autorisées sur l'ouvrage sans mesure d'exploitation particulière.

Aucun trafic routier ne doit être autorisé sur les trottoirs, même de manière provisoire ou ponctuelle (manifestation, accident obstruant partiellement l'ouvrage, etc). Un tel passage accidentel est rendu pratiquement impossible compte tenu de la hauteur des trottoirs par rapport au niveau de la chaussée (20 cm au Sud, 35 cm au Nord). Ce risque est donc non considéré.

5.2 Trafic ferroviaire

Le modèle de charge autorisé est : LM5

La vitesse maximale autorisée, en lien avec le coefficient dynamique selon SIA 269/1 annexe A, est de 40 km/h.

Le passage de convois ferroviaires correspondant au modèle LM6 n'est pas autorisé en exploitation normale. Il appartient aux CJ de veiller à l'application de cette disposition.

Le passage de convois ferroviaires correspondant au modèle LM6 pourrait être envisagé moyennant la prise de mesures d'exploitation particulières telles que :

- fermeture de l'ouvrage au trafic routier durant le passage du convoi,
- définition de la vitesse autorisée du convoi ferroviaire.

Ces mesures doivent être définies de cas en cas par un ingénieur civil en fonction du type de convoi considéré.

L'ajout d'une seconde voie ferroviaire sur l'ouvrage est à exclure.

6. Organisation des travaux

6.1 Planning

Le planning général du projet est présenté dans la pièce A.2. Concernant spécifiquement l'assainissement du pont, on distingue 2 étapes de travaux :

- Etape 1 : phases I et II. Exécution en 2017. Durée des travaux (interruption totale du trafic routier et ferroviaire) : maximum 3 mois. La planification de détail intégrera dans la durée totale de 3 mois une semaine d'interruption des travaux de l'entreprise de génie civil pour la pose et réglage de la voie CJ (« PréfaRail » ou équivalent).
- Etape 2 : phases III et IV. Exécution en 2019. Il n'y a pas d'exigence particulière concernant la durée des travaux des phases III et IV.

6.2 Gestion du trafic

Durant les travaux des phases I et II, le pont sera fermé à la circulation routière et ferroviaire (durée : 3 mois). La circulation piétonne devrait en principe pouvoir être maintenue, à l'exception de quelques courtes phases spécifiques où cette circulation devra également être interrompue pour des raisons de sécurité.

Par ailleurs, les particularités suivantes sont à relever :

- Maintien en service du bâtiment situé Rue de l'Hôtel de Ville 25.
- Maintien de l'accès à l'immeuble sis Rue du Crêt 1.

6.3 Emissions et environnement

Une notice environnementale spécifique au projet global est émise (dossier B). Cette notice intègre les spécificités du projet d'assainissement du pont.

Les entreprises qui exécuteront les travaux d'assainissement seront en particulier soumises aux contraintes environnementales suivantes :

- Degré de sensibilité au bruit : DS III → respect des exigences légales en la matière durant les travaux.
- Zone de protection des eaux : néant.
- De manière générale, respect des exigences légales en matière de protection de l'environnement durant les travaux.

7. Coûts

Une estimation des coûts des interventions préconisées au chapitre 3 ci-dessus a été effectuée, en collaboration avec l'entreprise Bieri & Grisoni SA à la Chaux-de-Fonds (tableau 2).

Phase	Année	Libellé	CHF HT
I	2017	Tablier	1'153'000
II	2017	Mur de grève - chambre de visite	169'000
III	2019	Culées et appuis	315'000
IV	2019	Intrados	147'000
		Total	1'784'000
		Divers et imprévus 10%	10% 178'000
		Total travaux, HT	1'962'000
		Frais de laboratoire	1.25% 24'000
		Honoraires et frais (phases SIA 41-53)	140'000
		Total général HT	2'126'000
		Total général TTC	TVA 8% 2'296'080

Tableau 2 – Estimation des coûts nets des travaux par phase.

Les coûts ci-dessous ne sont PAS compris et doivent être intégrés dans le devis global du projet:

- Frais CJ pour nouvelle voie, mesures antivibratoires sur l'ouvrage.
- Frais CJ pour interruption de trafic de trois mois (phases I et II).
- Frais CJ pour interruption ferroviaire au-delà de trois mois.
- Frais de protecteurs CJ.
- Frais d'interruption et de connexion pour les services (Viteos, etc.).
- Frais de signalisation routière, marquage, déviations, etc.
- Frais financiers, demandes de tiers, dédommagements.