

Renouvellement de la gare de Rougemont
MZ 12.57

Pièce N°3.6
Avant-projet

Nouveau pont sur la Combabelle

Base de projet



Lausanne, le 29. Janvier 2021

[illegible]

Table des matières

1	Documents de référence	4
2	Généralités	5
3	Conditions géotechniques	5
4	Concept de la structure	6
4.1	Descriptif de la structure	6
4.2	Matérialisation	7
4.3	Phasage	7
4.4	Etanchéité	7
4.5	Evacuation des eaux.....	8
5	Base de projet	8
5.1	Durée de service	8
5.2	Actions permanentes	8
5.3	Actions variables	9
5.4	Actions accidentelles.....	10
5.5	Sécurité structurale	10
5.5.1	Vérification de la sécurité structurale (ELU)	10
5.5.2	Tableau récapitulatif des facteurs de charges.....	11
5.6	Aptitude au service.....	11
5.6.1	Vérification de l'aptitude au service (ELS).....	11
5.6.2	Tableau récapitulatif des facteurs de charges.....	11
5.7	Durabilité	12
5.8	Risques acceptes.....	13
5.9	Autres conditions déterminantes pour le projet.....	13
6	Validation de la base de projet	13

Annexes

1 Documents de référence

Bases légales OCF

- [1] LCdF Loi fédérale sur les chemins de fer, 20.12.1957.
- [2] DE-OCF Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer, 01.11.2020.

Autres bases légales OCF

- [3] Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les installations électriques des chemins de fer (DEOIEC) du 31.05 1995

Normes

- [4] SIA 260 (2013) Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
- [5] SIA 261 (2020) Actions sur les structures porteuses
- [6] SIA 261/1 (2020) Spécifications complémentaires
- [7] SIA 262 (2013) Construction en béton
- [8] SIA 262/1 (2019) Spécifications complémentaires
- [9] SIA 267 (2013) Géotechnique
- [10] SIA 267/1 (2013) Spécifications complémentaires

Règlementations

- [11] R RTE 20512 - Profil d'espace libre - voie métrique, 01.07.2014
- [12] R RTE 21110 – Infrastructure et ballast - Voie normale (et métrique), 01.09.2015
- [13] R RTE 22546 – Conception géométrique de la voie ferrée - voie métrique, 01.07.2012
- [14] D RTE 22540 - Guide pratique de la voie ferrée – Écartement métrique et spécial, 15.01.2011
- [15] D RTE 27900 - Manuel des mises à terre, 01.07.2014
- [16] C3f Directives pour la protection contre la corrosion provoquée par les courants vagabonds d'installations à courant continu (édition mai 2011)

2 Généralités

La présente base du projet se rapporte uniquement au pont sur la Combabelle construit dans le cadre des travaux de mise en conformité des accès aux trains en gare de Rougemont.

L'ensemble des travaux réalisés dans le cadre du projet (passerelle piétonne, marquises, etc) ne sont pas traités dans le présent document.

Le présent document regroupe les principales hypothèses et les situations de risque pertinentes pour l'état de construction et l'état de service.

La base du projet sert de point de départ pour la définition des processus de construction, des analyses sur la sécurité structurale ainsi que pour le choix des matériaux de construction.

3 Conditions géotechniques

Selon rapport géotechnique du bureau d'ingénieurs AF TOSCANO SA daté du 30 octobre 2019.

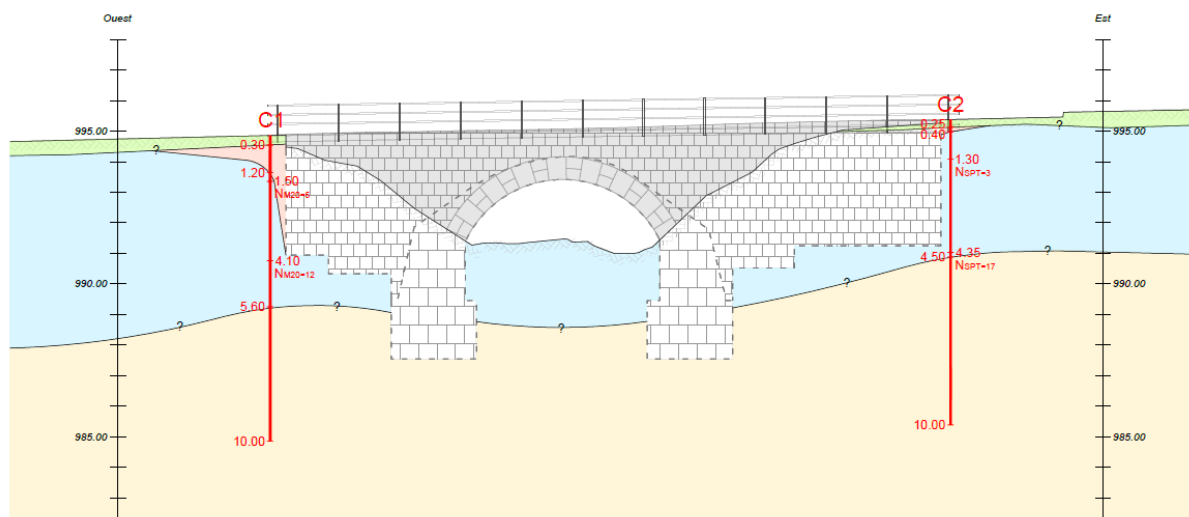


Figure 1 Profil géotechnique - extrait du rapport géotechnique

Couche	USCS	ρ_k [kN/m ³]	Φ'_k [°]	c'_k [kPa]	c_{uk} [kPa]	E [MPa]	k [m/s]
B Remblai	-	19	32	0	0	20-30	5×10^{-8} à 5×10^{-6}
C Alluvions	-	22	34	0	10	60	5×10^{-8} à 5×10^{-6}
D Moraine	-	21-22	32	10	60	60-80	5×10^{-10} à 5×10^{-8}

Nomenclature selon [3]

Tableau 1 modèle de sol de fondation et valeurs caractéristiques du sol de fondation –
extrait du rapport géotechnique

Une étude hydraulique a également été réalisée par le bureau d'ingénieurs AF TOSCANO SA en 2015.

Les conclusions de cette étude sont que pour la section contrôlée, la capacité hydraulique de l'ouvrage est suffisante et qu'une surveillance régulière de la présence de matériaux dans le cours d'est est nécessaire.

Section déterminante :
(selon rapport d'inspection)

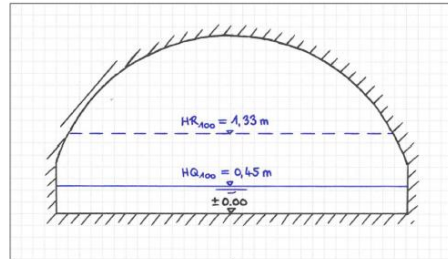
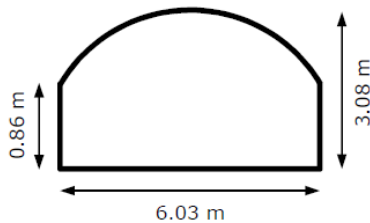


Figure 2 et 3 Section contrôlée - extrait du rapport hydraulique

4 Concept de la structure

4.1 Descriptif de la structure

Le système structural choisi pour la prolongation du pont côté Nord à l'amont est un portique en béton armé de largeur libre de 6.04 mètres et de hauteur libre 4.34 mètres. La structure de la construction se compose de semelles de 2.50 m de large, murs et dalles en béton armé.

A l'arrière des murs, il est prévu un remblayage avec de la grave avec des exigences très sévères vis-à-vis des valeurs M_E , ou éventuellement un remblayage avec de la grave stabilisée pour limiter au maximum les problèmes de tassements différentiels.

L'ancien pont sera assaini. Une dalle d'une épaisseur de 35 centimètres sera construite permettant de répartir les efforts et d'étanchéifier la voûte existante. Un joint sera conservé entre le nouvel ouvrage et la dalle de protection sur l'ouvrage existant.



Figure 4 Coupe dans le pont - extrait de plan

Dimensions :

Dalle : largeur 6.04 m, épaisseur variable de 55 à 60 cm.

Murs : épaisseur 55 cm, hauteur 4.34 m

Semelles : largeur 2.80 m, épaisseur 60 cm

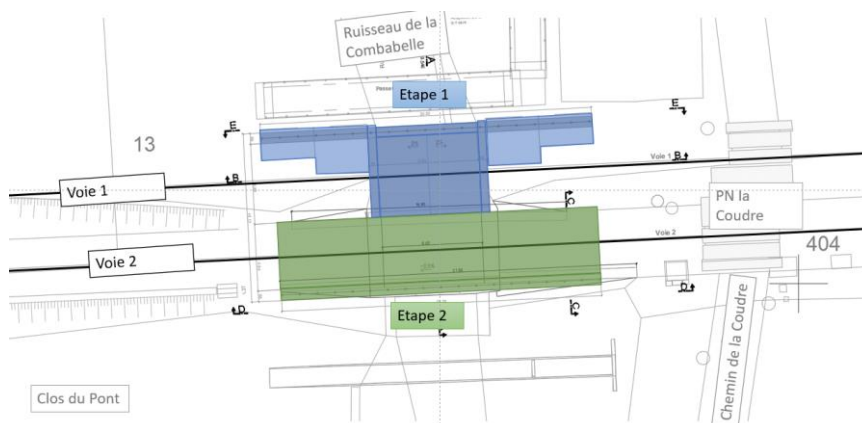
Butons : largeur 0.50 m, épaisseur 60 cm

4.2 Matérialisation

Matériau Désignation	Ouvrage ou partie d'ouvrage	Valeurs de dimensionnement	Valeurs caract.	Remarques
Béton				
C 30/37 - NPKF XC4 (CH), XD3 (CH), XF2 (CH) Dmax 32 - CI 0.10 - C3	Pont Murs d'ailes Dalle	$f_{cd} = 20.00 \text{ MPa}$ $\tau_{cd} = 1.10 \text{ MPa}$ $E_{cd} = 34.00 \text{ GPa}$ $\varepsilon_{c1d} = 2 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2d} = 3 \text{ ‰}$	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ $f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$ $E_{ck} = 34.00 \text{ GPa}$ $\gamma_{ck} = 25 \text{ kN/m}^3$ $\varphi(t, t_0) = 1.65 \text{ à } 90j$	CEM I Béton résistant à la RAG Pas d'entraineur d'air
Acier d'armature				
Acier B500B	Béton armé	$f_{sd} = 435 \text{ MPa}$ $E_s = 205 \text{ GPa}$ $k_s = 1.08$ $\varepsilon_{ud} = 45 \text{ ‰}$	$f_{sk} = 500 \text{ MPa}$ $k_s = 1.08$ $\gamma_{sk} = 78.5 \text{ kN/m}^3$ $\varepsilon_{uk} = 50 \text{ ‰}$	D'après SIA 262

Tableau 2 Matérialisation

4.3 Phasage



Avec la circulation sur le pont existant (voie 2) seront réalisés le nouveau pont et l'infrastructure de la voie 1.

Après le basculement sur la voie 1 nouvelle, seront réalisés l'assainissement du pont, la dalle de protection et la réfection de l'infrastructure de la voie 2.

4.4 Etanchéité

L'étanchéité du passage inférieur sera assurée par :

- un contrôle de la fissuration,
- la pente transversale de 2%,
- la mise en place d'une étanchéité collée et protection de l'étanchéité en asphalte coulé.

4.5 Evacuation des eaux

Le pont se situant sur un ruisseau, les eaux récoltées par les drainages seront évacuées dans le ruisseau de la Combabelle.

5 Base de projet

5.1 Durée de service

Nouveaux composants et ouvrages à réaliser :

Composant	Durée d'utilisation [années]
Passage Inférieur	
Structure en béton armé	100
Étanchéité de l'ouvrage (tablier), garde-corps	50
Canalisations d'évacuation des eaux, puits	100

Tableau 3 durée d'utilisation planifiée, nouveaux ouvrages ou parties d'ouvrage à réaliser

5.2 Actions permanentes

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement	
Poids propre	Dimensionnement/ calcul statique	Poids volumique du béton armé	$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$
Poids propre des éléments non porteurs ferroviaires	Dimensionnement/ calcul statique	Etanchéité et sa protection	$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
		Ballast	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
		Equipement de voie (traverses et rails)	$g = 0.2 \text{ kN/m}^2$
		Grave	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Poids propre des éléments non porteurs routiers	Dimensionnement/ calcul statique	Etanchéité et sa protection	$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
		Remblais	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
		Equipements (glissières, canalisations, conduites techniques)	$g = 2 \text{ kN/m}^2$
		Grave	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Poussée des terres	Dimensionnement/ calcul statique	Poussée au repos	$K_0 = 1 - \sin(\varphi) [-]$
		Poussée active majorée	$K_m = (K_0 + K_a) \times 0.5$
		Poussée active	K_a

Tableau 4 actions permanentes

5.3 Actions variables

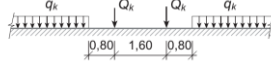
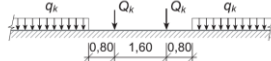
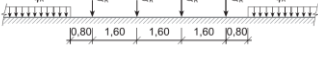
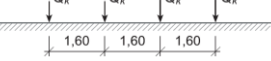

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement																	
Neige	Dimensionnement/ calcul statique	Hauteur de référence : $h_0 = 1000$ m +200 m Coefficient d'exposition : $C_e = 1$	$q_k = 4.1$ kN/m ² Action négligée																
Vent	Dimensionnement/ calcul statique		Action négligée																
Température	Dimensionnement/ calcul statique	Les murs peuvent se dilater librement, l'action thermique est négligée																	
Trafic ferroviaire																			
• Charge due au trafic		Charge répartie à 2 fois l'écartement des rails à 60 cm $\Phi = 1.41$ Ecart de l'axe de la voie de ± 100 mm Excentricité des charges : 1/18 de l'écartement des rails = ± 55 mm																	
LM4	Dimensionnement/ calcul statique		$Q_k = 2 \times 130$ kN $q_k = 25$ kN/m $\alpha = 1.00$																
LM5	Dimensionnement/ calcul statique		$Q_k = 2 \times 160$ kN $q_k = 50$ kN/m $\alpha = 1.13$																
LM6	Dimensionnement/ calcul statique		$Q_k = 4 \times 160$ kN $q_k = 70$ kN/m $\alpha = 1.13$																
LM7	Dimensionnement/ calcul statique		$Q_k = 4 \times 200$ kN $\alpha = 1.00$																
LM8	Dimensionnement/ calcul statique		$q_k = 15$ kN/m																
• Forces de lacet	Dimensionnement/ calcul statique	LM 4 LM 5 LM 6 et 7	$QS_{k4} = 50$ kN $QS_{k5} = 60$ kN $QS_{k6,7} = 80$ kN																
• Forces centrifuges	Dimensionnement/ calcul statique	Non applicable																	
• Forces de démarrage et de freinage	Dimensionnement/ calcul statique	<table><tr><th>Modèle de charge</th><th>QA_k en kN</th></tr><tr><td>4</td><td>$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 250$</td></tr><tr><td>5</td><td>$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 500$</td></tr><tr><td>6</td><td>$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 500$</td></tr><tr><th>Modèle de charge</th><th>QB_k en kN</th></tr><tr><td>4</td><td>$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 1250$</td></tr><tr><td>5</td><td>$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 2500$</td></tr><tr><td>6</td><td>$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 3500$</td></tr></table>	Modèle de charge	QA_k en kN	4	$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 250$	5	$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 500$	6	$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 500$	Modèle de charge	QB_k en kN	4	$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 1250$	5	$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 2500$	6	$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 3500$	$L_q = 4.9$ m $QA_{k4} = 115$ kN $QB_{k4} = 96$ kN $QA_{k5} = 170$ kN $QB_{k5} = 142$ kN $QA_{k6} = 295$ kN $QB_{k6} = 246$ kN
Modèle de charge	QA_k en kN																		
4	$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 250$																		
5	$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 500$																		
6	$0,3 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 500$																		
Modèle de charge	QB_k en kN																		
4	$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 1250$																		
5	$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 2500$																		
6	$0,25 \cdot (\sum Q_k + q_k \cdot l_q) \leq 3500$																		

Tableau 5 Actions variables

5.4 Actions accidentelles

Actions	Mesure/ traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement	
Choc			
• Ferroviaire		Classe d'ouvrage B Tronçon sans appareils de voie Lcr voie 1 = 125 m < L _{mesuré} = 215 m Lcr voie 2 = 45 m < L _{mesuré} = 47.5 m	Q _{dx,V1} = 3000 kN Q _{dy,V1} = 1200 kN Q _{dx,V2} = 2000 kN Q _{dx,V2} = 800 kN
Séisme	Dimensionnement/ calcul statique Mesures constructives selon SIA 261, chiffre 16.4	Zone de séisme : Classe de sol de fondation : Classe d'ouvrage : Coefficient de comportement :	Z3a (agd=1.3 m/s ²) Classe E CO II (γ _i =1.2) q = 2.0
Déraillement			
• Modèle 1	Dimensionnement/ Calcul statique/ Stabilité générale assurée	LM 4	qE _d = 35 kN/m QE _d = 180 kN
		LM 5	qE _d = 70 kN/m QE _d = 220 kN
		LM 6	qE _d = 100 kN/m QE _d = 220 kN
		LM 7	QE _d = 280 kN
• Modèle 2	Dimensionnement/ Calcul statique/ Stabilité générale assurée	LM 4	qE _d = 49 kN/m
		LM 5	qE _d = 98 kN/m
		LM 6	qE _d = 140 kN/m
		LM 7	qE _d = 180 kN/m
Incendie		Risque accepté	
Explosion		Risque accepté	

Tableau 6 actions accidentelle

5.5 Sécurité structurale

5.5.1 Vérification de la sécurité structurale (ELU)

La vérification de la sécurité structurale s'effectue de la façon suivante selon les indications du chapitre §4 de la norme SIA 260 (ed.2013) :

$$Ed, \leq Rd \quad (1)$$

$$Ed, = \{\gamma G, \sup Gk, \gamma Q1 Qk1, \Psi 0 i Qki\} \quad (2)$$

Ed, ELU = valeur de calcul des effets des actions pour l'état limite ultime

Rd = valeur de calcul de la résistance

Gk = valeur caractéristique des actions permanentes (poids propre)

Qk1 = valeur caractéristique des actions variable (trafic non motorisé)

Qki = valeur caractéristique de l'actions concomitante

5.5.2 Tableau récapitulatif des facteurs de charges

ELU	Phase	PP et Charges permanentes	Poussée des terres	Pression hydrostatique	Charges ferroviaire	Charges routière	Charges de trafic non motorisé	Température	Séisme
		$\gamma_{Gsup}/\gamma_{Ginf}$	$\gamma_{Gsup}/\gamma_{Ginf}$	$\gamma_{Gsup}/\gamma_{Ginf}$	γ_q/ψ_0	γ_q/ψ_0	γ_q/ψ_0	γ_q/ψ_0	γ
ELU Type 1 Stabilité d'ensemble	A1 Durable	1.10/0.90	1.35/0.80	1.05/0.95	1.45/1.00	1.50/1.00	1.50/0.40	-	-
ELU Type 2 Résistance élément	B2 Durable	1.35/0.80	1.35/0.70	1.20/0.90	1.45/1.00	1.50/1.00	1.50/0.40	1.50/0.60	-
ELU Type 3 Résistance du sol de fondation	C1 Durable	1.00	1.00	1.00	1.25/1.00	1.30/1.00	1.30/0.40	-	-
ELU Type 4 Fatigue	D1 Durable	1.00	1.00	1.00	1.00/0	1.00/0	-	-	-
ELU Accidentel	E1 Séisme	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	0.7	-	1.00

Tableau 7 récapitulatif des facteurs de charges

5.6 Aptitude au service

5.6.1 Vérification de l'aptitude au service (ELS)

La vérification de l'aptitude au service s'effectue de la façon suivante selon les indications du chapitre §4 de la norme SIA 260 (ed.2013) pour le cas de charge rare :

$$Ed, \leq Cd \quad (3)$$

$$Ed, = \{Gk, Qk1, \Psi_0 i Qki\} \quad (4)$$

Ed , ELS = valeur de calcul des effets des actions pour l'état limite de service

Cd = limite de service

5.6.2 Tableau récapitulatif des facteurs de charges

ELS	Cas de Charge		
Actions	Rare	Frequent	Quasi-permanent
Charges de neige	$\Psi_0 = 0.60$	$\Psi_1 = 0.20$	$\Psi_2 = 0.00$
Effets de la température	$\Psi_0 = 0.60$	$\Psi_1 = 0.60$	$\Psi_2 = 0.50$
Actions du terrain de fondation	$\Psi_0 = 0.70$	$\Psi_1 = 0.70$	$\Psi_2 = 0.70$
Charges verticales et horizontales	$\Psi_0 = 1.00$	$\Psi_1 = 1.00$	$\Psi_2 = 0.0$

Tableau 8 Facteurs des cas de charges ELS

Etat d'utilisation / Exigences	Mesures à prendre	Hypothèses particulières concernant l'analyse structurale et le dimensionnement
Exploitation		Vitesse v1 = 100 km/h v2 = 60 km/h
Déformations, limitation des déplacements, rigidité du sommier et de la dalle	Calculs statiques Cas de charge fréquent :	Dalles : $w < l/800$ ($v < 80$ km/h, sous charges ferroviaires uniquement, modèles 5 à 7, $y_1 = 1.0$)
Aspect		
Déformations, limitation des déplacements, rigidité du sommier et de la dalle	Calculs statiques : Cas de charge quasi-permanent :	Dalles : $w < l/700$ (sous charges permanentes) Murs : $u < h/250$

Tableau 9 Exigences de l'ELS

5.7 Durabilité

Etat d'utilisation / Exigences	Mesures à prendre	Traitement ultérieur
Étanchéité	<p>Étanchéité de la dalle : pose de lés LBP collés en plein sur la dalle du passage inférieur, y compris retombées de dalle. Les lés d'étanchéités sont prolongés jusqu'à minimum 30 cm sous l'arrêt de bétonnage mur / dalle.</p> <p>Protection de l'étanchéité par une couche d'asphalte coulé de 45 mm d'épaisseur (surface horizontale), et par du mortier de protection (retombées verticales)</p> <p>Type de béton : Béton T4</p>	<p>Les contrôles suivants seront mis en œuvre lors de l'exécution :</p> <ul style="list-style-type: none"> contrôles du taux d'humidité du béton ; contrôles au râteau de l'étanchéité ; essais d'arrachement des lés LBP.
Protection contre la corrosion de l'armature	<p>Enrobage de l'armature :</p> <p>-50 mm pour les éléments contre terre -40 mm sinon</p>	<p>Programme de contrôle</p> <p>Contrôles d'exécution</p>
Aspect de la surface en béton	<p>Béton apparent coffrage 3.1 ou 4.1 revêtu d'une peinture de protection anti-graffitis.</p> <p>La protection anti-graffitis sera réalisée dès la fin des travaux de l'ouvrage</p>	<p>Renouvellement de la peinture de protection anti-graffitis à intervalles réguliers, selon les spécifications fournisseur.</p>
Résistance au gel	<p>L'utilisation de sels de déverglaçage dans la phase d'utilisation définitive de l'ouvrage est proscrite.</p>	<p>Programme de contrôle</p> <p>Contrôles d'exécution</p>
Fatigue de l'armature en acier	<p>En règle générale, le diamètre de courbure min. est $\varnothing 15$ pour des barres et $\varnothing 4$ pour les étriers $\varnothing \leq 16$ mm (SIA 262 art. 5.2.4.1).</p> <p>La valeur de résistance à la fatigue des aciers doit être abaissée en conséquence (SIA 262 art. 4.3.8.2.2).</p>	<p>Réception des aciers et contrôle des rayons de courbure</p>
Remblayages des parafeuilles	<p>Parafeuilles sous les voies</p>	<p>Gravier rond 16-32 (pas de concassé)</p>
Protection vis-à-vis du courant vagabond	<p>Enrobage de l'armature suffisant et suivi des directives pour la protection contre la corrosion provoquée</p>	

Tableau 10 durabilité, mesures et traitements ultérieurs

5.8 Risques acceptés

Les risques acceptés, pour lesquels aucune vérification ou calcul ne sont faits, sont :

- L'explosion
- L'incendie
- Le sabotage
- L'acte terroriste

5.9 Autres conditions déterminantes pour le projet

Maintien d'une voie en circulation avec un minimum d'interruption.

Le croisement des trains doit se faire soit en gare de Rougemont soit en gare de Flendruz.

Le gabarit hydraulique doit être respecté.

6 Validation de la base de projet