
24.3
24.2
24.1
24.0
23.9
23.8
23.7
23.6
23.5
23.4
23.3
23.2
23.1
23.0
22.9
22.8
22.7
22.6
22.5
22.4
22.3
GENÈVE
LAUSANNE
SBB CFF FFS
Plan de projet de voies 1/1000
Renouvellement de la voie 315
ALLAMAN - PERROY
Plan de projet de voies 1 : 1000
Renouvellement de la voie 315

SBB CFF FFS

11.04.01-1

Date : 16.12.2024
Index : a

Ligne/Gare/Installation :	**150 Lausanne – Genève-Aéroport**
Canton :	**Vaud**
Communes :	**Allaman, Féchy, Perroy**
Objet :	**FbE27 Allaman / FbE28 Allaman – Perroy** **Renouvellement de la voie 1 / voie 315**

N° ISP : 1163975 / 1158099

Procédure d'approbation des plans

SIOP A Voie ferrée FbE27_ALL_V1

Signatures des personnes responsables :

A1. ☒ Signatures originales dans le document

B. ☐ Signatures ci-dessous

Ci-dessous :

A2. ☒ Signatures des personnes pro forma

Carlos Gonçalves
10 juil. 2025
Signature électronique qualifiée · Droit suisse

Carlos Gonçalves
Chef du service
I-AEP-ENG-FB-RWT

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Stéphane Koessler
Chef de projet
I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

SBB CFF FFS

Numéro ISP	1163975	1167676.3-000.24	FB 1163975
Tronçon / Gare:	**Allaman =**		
Objet:	**Projet FbE27**		
	ALL_V1		
Ligne, Km de voie:	Ligne 150,	Km:	21.24 - 22.341
PAP :	oui		
Examen CE par ON ou OD :	non		
Chef de projet général:	Koessler Stéphane		

SIOP A Voie ferrée — Dossier de documents

1. Elaboration du projet et SIOP A

Installation:	Organisation:	Nom / prénom:	dérogation en cas particulier	Date:	Visa:
Géométrie de la voie et types d'AV	I-AEP-ENG-GEO-RWT	Kamga Patrick	non	09,12,2024	
Système et matériel de superstructure / heurtoirs	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Le David	non	27.09.2024	
Infrastructure et évacuation des eaux	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Koessler Stéphane	non	27.09.2024	

2. Examen SIOP A par les responsables de processus partiel

Installation:	Responsable processus:	Nom / prénom:	dérogation en cas particulier	Date:	Visa:
Géométrie de la voie et types d'AV	I-NAT-FW-TAFB-TRP	Lépinard Guy Theimer Patrick		10.12.2024	
Système et matériel de superstructure / heurtoirs	I-NAT-FW-TAFB-TRP	Aleinikov Dimitri (évtl. Schulz Olaf) / Thomas Schiess		16.12.2024	
Infrastructure et évacuation des eaux	I-NAT-FW-TAFB-UGT	Jordan David Gerber Kilian		12.12.2024	
Retour au chef de projet	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1		Date souhaitée	15.01.2025	
			Date effective:		

3. Annonce SIOP B à I-VU-UEW

	Nom/ prénom:		Date:	Visa:
Mandat et Controlling des SIOP B				

Lieu, date	Unité organisationnelle responsable
Renens,	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1
Carlos Gonçalves Chef de groupe VF I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Koessler Stéphane Chef de projet I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

Table des matières

ALL_V1
1163975

Nb documents	Désignation du document	
1	**Checkliste A 101**	Géométrie de la voie et types d'AV
1	**Checkliste A 103**	Système et matériel de superstructure / heurtoirs
1	**Checkliste A 104**	Infrastructure et évacuation des eaux
1	**Tabelle: " SIOP A, contrôles de sécurité effectués"**	
	Concept de travail / renouvellement de la voie	
	Rapport technique	
	Cahier des charges OFT (suite à PAP)	
1	**Liste avec date ou année de pose des appareils de voie**	
1	**Plan de projet de voie**	
-	**Listing dynamique (tronçon d'accélération, augmentation de V, dérogation)**	
-	**Plan SAZ (Concept de signalisation, plan ETCS L2, etc.) lors de projets multidisciplinaires ou augmentations de vitesse**	
1	**Schéma de voies sans joint**	
1	**Plan de situation 1:500 / 1:1'00**	
1	**Profil normal caractéristique**	
1	**Profil en travers**	
1	**Profil en long du système d'évacuation des eaux**	

SIOP A - contrôles de sécurité effectués, 1ère partie

	Installation	Rapp. expert	Resp. processus partiel / SIOP A	No.CL	Date	Nom/Prénom	signature resp.proc.partiel	Remarque/Correction de l'examen SIOP A
x	**Voie ferrée**							
x	Géométrie de la voie et types d'AV		I-AT-FW-TAFB	A101	10.12.24	Lépinard Guy Theimer Patrick		oui / (non)
x	Syst., mat. de superstruct./heurtoirs		I-AT-FW-TAFB	A103	16.12.24	Aleinikov Dimitri (évtl. Schulz Olaf)		oui / (non)
x	Infrastructure et évacuation des eaux		I-AT-FW-TAFB	A104	12.12.24	Jordan David Gerber Kilian		(oui) / non
	Examen de conformité STI Voie ferrée conformément à la STI INF 1299/2014 (y compris les modifications 2019/776) selon l'annexe 7 OCF en tenant compte des spécificités suisses correspondantes sur la base de l'examen SIOP Voie ferrée.							
x	Géométrie de la voie et des AV							
x	Syst., mat. de superstruct./heurtoirs							
	Si, dans le projet, des approbations en cas particuliers ont été soumises, le respect de la STI INF a été concrètement contrôlé lors de la dérogation.							
	Les exigences de la STI INF relatives aux valeurs limites de voie ferrée en exploitation ne font pas partie de la SIOP A Voie ferrée. Après l'achèvement de la SIOP B, la conformité peut être garantie, car ces points sont satisfaits si les prescriptions de construction et d'entretien des CFF en vigueur sont respectées. Lorsqu'une SIOP Voie ferrée est achevée avec succès, les exigences de la STI sont donc remplies en tenant compte des spécificités suisses.							
☐	**Génie civil**							
☐	Remblais et soutènements	1) ☐	I-AT-IU	A202				
☐	Tunnels et galeries	1) ☐	I-AT-IU	A203				
☐	Quais/inst. destinées au public	1) ☐	I-AT-IU	A204				
☐	Ouvrages de protection (avalanches/chutes de pierres)	1) ☐	I-AT-IU	A205				
☐	Ponts	1) ☐	I-AT-IU	A301				
☐	Couvertures de voie/marquises	1) ☐	I-AT-IU	A302				
☐	**Installations de sécurité**							
☐	Déroulement du processus		I-AT-SAZ	A400				

1) Si rapport expert exécuté -> marquer d'une croix

Numéro ISP	**1163975**		
Tronçon / Gare:	**Allaman =**		
Objet:	**Projet FbE27 ALL_V1**		
Ligne, Km de voie:	**Ligne 150,**	**Km**	**21.24 - - 22.341**
Chef de projet général:	Koessler Stéphane		

SIOP A Voie ferrée

Géométrie de la voie et types d'AV

Examen	Bases	Nom/ Prénom	Date	Signature
Géométrie de la voie et types d'AV				
Rampes de dévers	I-22046 FB 400-0080 AB-EBV, Art. 17N			
Dévers réglementaires				
Longueurs de courbes de raccordement				
Longueurs des alignements				
intermédiaires				
Raccordements verticaux				
Rayons				
Types d'AV		Kamga Patrick	09,12,2024	APKF
RADN / Signalisation				
Correction nécessaire/applicable?	non			
Accord avec PJ-SLT		Kamga Patrick	09,12,2024	

2ème signature (examinateur):	Pt, le 09.12.24	
Plan de projet de voie (no du plan)	150_FbE27_ALL V1_iT3_PPV_091224	
Index / Date	a	21.11.2024
Listing comportement dynamique	non	
Plan SAZ (nouv inst, augm vitesse)	non	

Remarques AEP-ENG-GEO
Les valeurs-limites en cas normal selon R I-22046 et DE-OCF chiffre 17N sont respectées.

Remarques NAT-FW-TAFB

NAT-FW-TAFB: Ligne VN (oui) / non VN selon RADN, ETCS L2 en ordre: (oui) / non

Numéro ISP	**1163975**		
Tronçon / Gare:	**Allaman =**		
Objet:	**Projet FbE27** **ALL_V1**		
Ligne, Km de voie:	**Ligne 150,**	**Km**	**21.24 - - 22.341**
Projektleiter:	Koessler Stéphane		

SIOP A Voie ferrée

Système et matériel de superstructure, Heurtoirs

	Examen	Bases	Nom/ Prénom	Date	Signature
oui	Rails	I-22211, SN EN 13674			
oui	Attaches de rail	Genre de pose CFF, SN EN 13146, SN EN 13481			
oui	Semelles élastiques	I-22211 FB 400-0507			
oui	Traverses	I-22211, SN EN 13230			
oui	Semelles de traverse	FB 400-0507			
oui	Classe de ballast	RTE 21110			
oui	Voies sans joints	RTE 22041	Le David	27.09.2024	
non	Extrémités de voie (heurtoirs, dimensionnement)	DE-OCF art. 35			
non	Passages à niveau et divers (choix du système)	RTE 25931 FB 400-0203			
non	Voie sans ballast	SN EN 16432, DE-OCF art. 31			
non	Voie avec fixation directe	PlaIngB			
non	Contre-rail / rail de guidage	DE-OCF art. 26			
non	Appareils de dilatation	I-22069			
non	Interaction pont-voie	I-22068			
non	Ponts provisoires	RTE 21690			
non	Système ressort-masse	DE-OCF art. 31, FB 400-0060			
non	Transitions de voie ferrée (calcul de fléchissement)	FB 400-0060			
non	Chemins latéraux / pour le personnel	I-50227			
non	GIVE dans DfA pour les AV effectué				

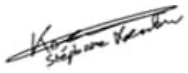
↑ à remplir par AEP

Remarques

Numéro ISP	**1163975**		
Tronçon / Gare:	**Allaman =**		
Objet:	**Projet FbE27 ALL_V1**		
Ligne, Km de voie:	**Ligne 150,**	**Km**	**21.24 - - 22.341**
Chef de projet général:	Koessler Stéphane		

SIOP A Fahrbahn

Infrastructure et évacuation des eaux

	Examen		Nom/ Prénom	Date	Signature
oui	**Rapport géotechnique n°**	**2018-064**			
non	**ou/et études dans le lit de ballast**				
non	**ou/et investigation du terrain naturel**				
	groupe(s) de charges des voies E1 - E4; N1 - N4	**E1**			
oui	Plusieurs mesures de construction: ajouter concept				
oui	Criblage / Remplacement du ballast sans traitement de la couche de base; Limitation de profondeur des travaux à partir du NSR du projet:				
non	Remplacement du ballast avec traitement de la couche de base (indication de la pente et évtl. abaissement)	DE-OCF Normes SN R RTE 21110 Directives NAT	Koessler Stéphane	27.09.2024	
non	Tapis sous ballast				
oui	Assainissement de l'infrastructure (profils types, en travers, plan de situation/concept)				
oui	Evacuation des eaux de la voie ferrée (profils types, en travers, en long, évtl. résultats d'essai d'infiltration)				
non	Banquettes (mesures, matériaux) Fixations de la banquette (encart: profil type)				
non	Transitions voie ferrée (remblayage, matériaux de remplissage, profils en long, profils en travers)				
non	Passage à niveau (dimensionnement de l'infrastructure; profil en travers)				

↑ à remplir par AEP

Remarques

Epaisseur du lit de ballast respectée (pleine voie)?	oui	Justification en cas d'infériorité; km:
Epaisseur du lit de ballast respectée (sur infrastructure rigide)?	non	En cas d'infériorité, joindre le formulaire
Écart par rapport au rapport géotechnique	non	Justification des écarts / risques acceptés:

Remarque de l'équipe projet :
Le formulaire de demande de dérogation pour insuffisance de ballast au droit du PI Voyageur - km 21.455 est joint. (séance avec OFT en décembre 2022)
Une demande d'approbation en cas particulier est faite dans le dossier PAP et mentionnée dans le rapport technique du dossier.

* Les nouvelles infrastructures doivent être raccordées aux drainages existants conformément à la FB 400-207 (Profil Type 2).
* Dimensionnement des drainages avec pentes < 5 o/oo doivent être fourni.
* Traverse bois sur PI voyageur (corriger coupe CC).
* Prévoir drainage type 4B si nappe phréatique < 1m du drainage (Profil FF)

* Les zones de transition du PI Passager seront construit avec l'assainissement du PI avec les projets de 3ème/4ème voies.

JF 12.12.24

SBB CFF FFS

11.04.01-2

Date : 16.12.2024
Index : a

Ligne/Gare/Installation :	**150 Lausanne – Genève-Aéroport**
Canton :	**Vaud**
Communes :	**Allaman, Féchy, Perroy**
Objet :	**FbE27 Allaman / FbE28 Allaman – Perroy** **Renouvellement de la voie 1 / voie 315**

N° ISP : 1163975 / 1158099

Procédure d'approbation des plans

SIOP A Voie ferrée FbE28_ALL-PER_V315

Signatures des personnes responsables :

A1. ☒ Signatures originales dans le document

B. ☐ Signatures ci-dessous

Ci-dessous :

A2. ☒ Signatures des personnes pro forma

Carlos Gonçalves

10 juil. 2025

Signature électronique qualifiée · Droit suisse

Carlos Gonçalves
Chef du service
I-AEP-ENG-FB-RWT

Chef de projet

Renens, 10 juil. 2025

SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Stéphane Koessler
Chef de projet
I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

SBB CFF FFS

Numéro ISP	**1158099**	**1167676.3-000.24**	**FB 1158099**
Tronçon / Gare:	**Allaman = Perroy**		
Objet:	**Projet FbE26**		
	ALL-PER_V315		
Ligne, Km de voie:	Ligne 150,	Km:	22.408 - 24.255
PAP :	oui		
Examen CE par ON ou OD :	non		
Chef de projet général:	Koessler Stéphane		

SIOP A Voie ferrée — Dossier de documents

1. Elaboration du projet et SIOP A

Installation:	Organisation:	Nom / prénom:	dérogation en cas particulier	Date:	Visa:
Géométrie de la voie et types d'AV	I-AEP-ENG-GEO-RWT	Kamga Patrick	non	11.11.2024	
Système et matériel de superstructure / heurtoirs	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Le David	non	27.09.2024	
Infrastructure et évacuation des eaux	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Koessler Stéphane	non	27.09.2024	

2. Examen SIOP A par les responsables de processus partiel

Installation:	Responsable processus:	Nom / prénom:	dérogation en cas particulier	Date:	Visa:
Géométrie de la voie et types d'AV	I-NAT-FW-TAFB-TRP	Lépinard Guy Theimer Patrick		10.12.2024	
Système et matériel de superstructure / heurtoirs	I-NAT-FW-TAFB-TRP	Aleinikov Dimitri (évtl. Schulz Olaf) / Thomas Schiess		16.12.2024	
Infrastructure et évacuation des eaux	I-NAT-FW-TAFB-UGT	Jordan David Gerber Kilian		12.12.2024	
Retour au chef de projet	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1		Date souhaitée	15.01.2025	
			Date effective:		

3. Annonce SIOP B à I-VU-UEW

	Nom/ prénom:		Date:	Visa:
Mandat et Controlling des SIOP B				

Lieu, date	Unité organisationnelle responsable
Renens,	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1
Carlos Gonçalves Chef de groupe VF I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Koessler Stéphane Chef de projet I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

Table des matières

ALL-PER_V315
1158099

Nb documents	Désignation du document	
1	**Checkliste A 101**	Géométrie de la voie et types d'AV
1	**Checkliste A 103**	Système et matériel de superstructure / heurtoirs
1	**Checkliste A 104**	Infrastructure et évacuation des eaux
1	**Tabelle: " SIOP A, contrôles de sécurité effectués"**	
	Concept de travail / renouvellement de la voie	
	Rapport technique	
	Cahier des charges OFT (suite à PAP)	
1	**Liste avec date ou année de pose des appareils de voie**	
1	**Plan de projet de voie**	
	Listing dynamique (tronçon d'accélération, augmentation de V, dérogation)	
	Plan SAZ (Concept de signalisation, plan ETCS L2, etc.) lors de projets multidisciplinaires ou augmentations de vitesse	
1	**Schéma de voies sans joint**	
2	**Plan de situation 1:500 / 1:1'00**	
1	**Profil normal caractéristique**	
1	**Profil en travers**	
1	**Profil en long du système d'évacuation des eaux**	

SIOP A - contrôles de sécurité effectués, 1ère partie

	Installation	Rapp. expert	Resp. processus partiel / SIOP A	No.CL	Date	Nom/Prénom	signature resp.proc.partiel	Remarque/Correction de l'examen SIOP A
x	**Voie ferrée**							
x	Géométrie de la voie et types d'AV		I-AT-FW-TAFB	A101	10.12.24	Lépinard Guy Theimer Patrick		oui / (non)
x	Syst., mat. de superstruct./heurtoirs		I-AT-FW-TAFB	A103	16.12.24	Aleinikov Dimitri (évtl. Schulz Olaf)		oui / (non)
x	Infrastructure et évacuation des eaux		I-AT-FW-TAFB	A104	12.12.24	Jordan David Gerber Kilian		oui / (non)
	Examen de conformité STI Voie ferrée conformément à la STI INF 1299/2014 (y compris les modifications 2019/776) selon l'annexe 7 OCF en tenant compte des spécificités suisses correspondantes sur la base de l'examen SIOP Voie ferrée.							
x	Géométrie de la voie et des AV							
x	Syst., mat. de superstruct./heurtoirs							
	Si, dans le projet, des approbations en cas particuliers ont été soumises, le respect de la STI INF a été concrètement contrôlé lors de la dérogation.							
	Les exigences de la STI INF relatives aux valeurs limites de voie ferrée en exploitation ne font pas partie de la SIOP A Voie ferrée. Après l'achèvement de la SIOP B, la conformité peut être garantie, car ces points sont satisfaits si les prescriptions de construction et d'entretien des CFF en vigueur sont respectées. Lorsqu'une SIOP Voie ferrée est achevée avec succès, les exigences de la STI sont donc remplies en tenant compte des spécificités suisses.							
☐	**Génie civil**							
☐	Remblais et soutènements	1) ☐	I-AT-IU	A202				
☐	Tunnels et galeries	1) ☐	I-AT-IU	A203				
☐	Quais/inst. destinées au public	1) ☐	I-AT-IU	A204				
☐	Ouvrages de protection (avalanches/chutes de pierres)	1) ☐	I-AT-IU	A205				
☐	Ponts	1) ☐	I-AT-IU	A301				
☐	Couvertures de voie/marquises	1) ☐	I-AT-IU	A302				
☐	**Installations de sécurité**							
☐	Déroulement du processus		I-AT-SAZ	A400				

1) Si rapport expert exécuté -> marquer d'une croix

Projet: ALL-PER_V315

Numéro I:1158099

Numéro ISP	**1158099**		
Tronçon / Gare:	**Allaman = Perroy**		
Objet:	**Projet FbE26** **ALL-PER_V315**		
Ligne, Km de voie:	**Ligne 150,**	**Km**	**22.408 - - 24.255**
Chef de projet général:	Koessler Stéphane		

SIOP A Voie ferrée

Géométrie de la voie et types d'AV

Examen	Bases	Nom/ Prénom	Date	Signature
Géométrie de la voie et types d'AV				
Rampes de dévers	I-22046 FB 400-0080 AB-EBV, Art. 17N			
Dévers réglementaires				
Longueurs de courbes de raccordement				
Longueurs des alignements				
intermédiaires				
Raccordements verticaux				
Rayons				
Types d'AV		Kamga Patrick	11.11.2024	APKF
RADN / Signalisation				
Correction nécessaire/applicable?	non			
Accord avec PJ-SLT		Kamga Patrick	11.11.2024	APKF

2ème signature (examinateur):		
Plan de projet de voie (no du plan)	150_FbE26_ALL-PER_V315_05_PPV_091224	
Index / Date	c	09.12.2024
Listing comportement dynamique	non	
Plan SAZ (nouv inst, augm vitesse)	non	

Remarques AEP-ENG-GEO

Remarques NAT-FW-TAFB

NAT-FW-TAFB: Ligne VN (oui) / non VN selon RADN, ETCS L2 en ordre (oui) / non

Numéro ISP	**1158099**		
Tronçon / Gare:	**Allaman = Perroy**		
Objet:	**Projet FbE26** **ALL-PER_V315**		
Ligne, Km de voie:	**Ligne 150,**	**Km**	**22.408 - - 24.255**
Projektleiter:	Koessler Stéphane		

SIOP A Voie ferrée

Système et matériel de superstructure, Heurtoirs

	Examen	Bases	Nom/ Prénom	Date	Signature
oui	Rails	I-22211, SN EN 13674			
oui	Attaches de rail	Genre de pose CFF, SN EN 13146, SN EN 13481			
oui	Semelles élastiques	I-22211 FB 400-0507			
oui	Traverses	I-22211, SN EN 13230			
oui	Semelles de traverse	FB 400-0507			
oui	Classe de ballast	RTE 21110			
oui	Voies sans joints	RTE 22041	Le David	27.09.2024	
non	Extrémités de voie (heurtoirs, dimensionnement)	DE-OCF art. 35			
non	Passages à niveau et divers (choix du système)	RTE 25931 FB 400-0203			
non	Voie sans ballast	SN EN 16432, DE-OCF art. 31			
non	Voie avec fixation directe	PlaIngB			
non	Contre-rail / rail de guidage	DE-OCF art. 26			
non	Appareils de dilatation	I-22069			
non	Interaction pont-voie	I-22068			
non	Ponts provisoires	RTE 21690			
non	Système ressort-masse	DE-OCF art. 31, FB 400-0060			
non	Transitions de voie ferrée (calcul de fléchissement)	FB 400-0060			
non	Chemins latéraux / pour le personnel	I-50227			
non	GIVE dans DfA pour les AV effectué				

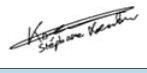
↑ à remplir par AEP

Remarques

Numéro ISP	**1158099**		
Tronçon / Gare:	**Allaman = Perroy**		
Objet:	**Projet FbE26** **ALL-PER_V315**		
Ligne, Km de voie:	**Ligne 150,**	**Km**	**22.408 - - 24.255**
Chef de projet général:	Koessler Stéphane		

SIOP A Fahrbahn

Infrastructure et évacuation des eaux

	Examen		Nom/ Prénom	Date	Signature
oui	**Rapport géotechnique n°**	**2018-065**			
non	**ou/et études dans le lit de ballast**				
non	**ou/et investigation du terrain naturel**				
	groupe(s) de charges des voies E1 - E4; N1 - N4	**E1**			
oui	Plusieurs mesures de construction: ajouter concept				
oui	Criblage / Remplacement du ballast sans traitement de la couche de base; Limitation de profondeur des travaux à partir du NSR du projet:				
non	Remplacement du ballast avec traitement de la couche de base (indication de la pente et évtl. abaissement)	DE-OCF Normes SN R RTE 21110 Directives NAT	Koessler Stéphane	27.09.2024	
non	Tapis sous ballast				
oui	Assainissement de l'infrastructure (profils types, en travers, plan de situation/concept)				
oui	Evacuation des eaux de la voie ferrée (profils types, en travers, en long, évtl. résultats d'essai d'infiltration)				
non	Banquettes (mesures, matériaux) Fixations de la banquette (encart: profil type)				
non	Transitions voie ferrée (remblayage, matériaux de remplissage, profils en long, profils en travers)				
non	Passage à niveau (dimensionnement de l'infrastructure; profil en travers)				

↑ à remplir par AEP

Remarques

Epaisseur du lit de ballast respectée (pleine voie)?	oui	Justification en cas d'infériorité; km:
Epaisseur du lit de ballast respectée (sur infrastructure rigide)?	oui	En cas d'infériorité, joindre le formulaire
Écart par rapport au rapport géotechnique	non	Justification des écarts / risques acceptés:

Remarque de l'équipe projet :
RAS

SBB CFF FFS

11.04.02-1

Date : 13.02.2025
Index : a

Ligne/Gare/Installation :	**150 Lausanne – Genève-Aéroport**
Canton :	**Vaud**
Communes :	**Allaman, Féchy, Perroy**
Objet :	**FbE27 Allaman / FbE28 Allaman – Perroy** **Renouvellement de la voie 1 / voie 315**

N° ISP : 1163975 / 1158099

Procédure d'approbation des plans

SIOP A PEL FbE27_ALL_V1

Signatures des personnes responsables :

A1. ☒ Signatures originales dans le document

B. ☐ Signatures ci-dessous

Ci-dessous :

A2. ☒ Signatures des personnes pro forma

Carlos Gonçalves

10 juil. 2025

Signature électronique qualifiée · Droit suisse

Carlos Gonçalves
Chef du service
I-AEP-ENG-FB-RWT

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025

SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Stéphane Koessler
Chef de projet
I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

SIOP A
Check-list A PEL/A805

Profil d'espace libre
Entraxes

SBB CFF FFS

Numéro ISP	1163975		
Objet	FbE27_ALL_V1		
Tronçon/km de voie	Ligne 150 / Km 21.240 au 22.341		
Gabarit et profil d'espace libre déterminants et gabarit pantographe selon le profil d'exigences	OCF2 / S2		
Canton/commune	Canton de Vaud / Commune d'Allaman		
Chef·fe de projet	Stéphane Koessler		
PAP ☑ Oui ☐ Non			
☑ L'exhaustivité et l'exactitude du projet ont été contrôlées	Date	15.01.2025	Signature
☑ Tous les domaines concernés ont été contrôlés			
☑ Approbation enregistrée dans la liste, dossier de documents			
Remarques			

selon DE OCF/R RTE 20012

Service spécialisé	Valeur nominale respectée?	Fonction	Nom/prénom	Date	Signature	Information sur les distances critiques
☑ **Géomatique**	☐ Oui ☑ Non	IS	Kamga Patrick	12.12.2024	APKF	Empiètement d'un mât SAZ dans l'espace des fenètres (valeurs nominales), 1 empiètement de l'extrémité du quai dans le GLO
entraxe						
Distances par rapport aux installations		4 yeux	Pache Thierry	10.01.2025		
☐ **Voie ferrée**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Extrémité de voie						
		4 yeux				
☑ **Courant de traction**	☑ Oui ☐ Non	IS	Thiébaud Cédric	15.01.2025	*C.Thiébaud*	
Zone du pantographe						
Mâts de la ligne de contact, y c. pièces ra		4 yeux	Meyer Ken	15.01.2025	*K.Meyer*	
Hauteur du fil de contact, réserve de rele						
☑ **Câbles**	☑ Oui ☐ Non	IS	Marjanovic Daniel	28.10.2024	D.Marjanovic	
Chambre à câbles, distributeurs de câble						
Montées de câbles		4 yeux	Dousse Laura	28.10.2024	L.Dousse	
☑ **Installations de sécurité et contrôle de la marche des trains**	☑ Oui ☐ Non	IS	Rui Almeida	15.01.2025	R. Almeida	
Signaux, cages de signalisation						
Armoire d'appareils, etc.		4 yeux	Jean-Marie Becker	15.01.2025	J-M. Becker	
☐ **Génie civil**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Quais						
Murs de soutènement		4 yeux				
Protection contre les chocs						
Écrans antibruit						
Quais de chargement						
Installation d'approvisionnement en eau						
☐ **Tunnel**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Profil du tunnel						
Réserve de relevage		4 yeux				
Banquettes						
☐ **Structures porteuses**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Bordures et garde-corps de pont						
		4 yeux				
☐ **Accès au chemin de fer et bâtiment**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Marquises avec éléments d'information						
		4 yeux				
☐ **Installations techniques**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Mobilier de quai, etc.						
		4 yeux				
☐ **Chauffage des aiguilles**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Cabines techniques, etc.						
		4 yeux				

Abréviations IS = Ingénieur·e spécialisé·e, 4-yeux= vérification à 4 yeux

Attribution des responsabilités: voir réglementation SIOP A Profil d'espace libre
Les installations provisoires doivent être déclarées par le service exécutant lors de la phase d'exécution au moyen du formulaire 4207.

Remarques SIOP contrôleur·euse PEL

☑ PEL (valeurs nominales/valeurs spéciales) respecté

☐ PEL (valeurs spéciales)) **pas** respecté

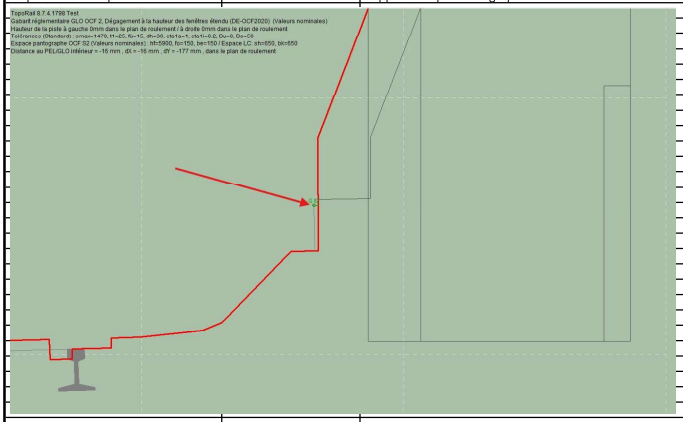
La réussite du contrôle SIOP A confirme que les prescriptions en matière de gabarit selon les DE OCF, art. 18 - 20, sont respectées au niveau de la planification. Les exigences STI relatives au PEL sont donc également satisfaites conformément aux RTNN concernées. Ceci vaut également pour une approbation au cas par cas de INF RC chapitres (4.2.4.1., 4.2.4.2) et STI ENE (2014) (chapitre 4.2.10.)
RTNN CH-STI INF CR-001 et -002 et CH-STI INF CR-016, CH-STI ENE-001

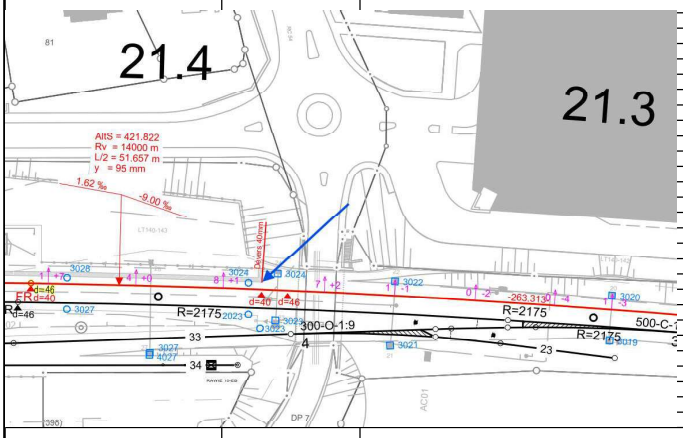
Remarques:

Nom/prénom	Date	Signature
Brunisholz Patrick	13.02.2025	

Remarque sur les distances critiques - Service spécialisé Géomatique

Désignation de la distance critique (p. ex. numéro de mât /numéro de voie /km/etc.)	Remarques sur les plans	Justification de la valeur nominale insuffisante (IS)	Appréciation de la personne chargée du contrôle SIOP A PEL	
			Valeur spéciale respectée? oui/non	Remarques
Allaman au KM 21.766,7				
Mât SAZ entre les voies 11 et 2				
Empiètement du mât de SAZ de 4cm dans le dégagement des fenêtres.	oui sur le PES			
Demande d'une approbation au cas par cas			oui	
Voir les profils en travers Toporail dans les documents en annexe.				
Prise de position du service spécialisé de profil d'espace libre chez I-NAT-BT-TNZ Le projet susmentionné prévoit le renouvellement de la voie 1 de la gare de Allaman. Le mât SAZ, km 21.766 a un empiètement du PEL dans la valeur nominale. Les valeurs spéciales est respectée. Le service spécialisé de profil d'espace libre approuve l'approbation cas par cas dans le cadre de l'obligation de justification. Pour créer une situation conforme, la voie 1 devrait être ripper vers nord. Un ripage n'est pas possible en raison de la proximité du bord du quai.				
KM 21,3763 Extrémité du quai côté LS Empiètement du quai dans le GLO	oui	Empiètement dans le GLO - bf= 16mm théorique et bf= 10mm mesuré Suppression par fraisage pendant les travaux		





Brunisholz Patrick 13.02.2025

SBB CFF FFS

11.04.02-2

Date : 11.02.2025
Index : a

Ligne/Gare/Installation :	**150 Lausanne – Genève-Aéroport**
Canton :	**Vaud**
Communes :	**Allaman, Féchy, Perroy**
Objet :	**FbE27 Allaman / FbE28 Allaman – Perroy** **Renouvellement de la voie 1 / voie 315**

N° ISP : 1163975 / 1158099

Procédure d'approbation des plans

SIOP A PEL FbE28_ALL-PER_V315

Signatures des personnes responsables :

A1. ☒ Signatures originales dans le document **B.** ☐ Signatures ci-dessous

Ci-dessous :

A2. ☒ Signatures des personnes pro forma

Carlos Gonçalves
10 juil. 2025
Signature électronique qualifiée · Droit suisse

Carlos Gonçalves
Chef du service
I-AEP-ENG-FB-RWT

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Stéphane Koessler
Chef de projet
I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

SIOP A
Check-list A PEL/A805

Profil d'espace libre
Entraxes

SBB CFF FFS

Numéro ISP	1158099		
Objet	FbE26_ALL-PER_V315		
Tronçon/km de voie	Ligne 150 / Km 22.409 - 24.255		
Gabarit et profil d'espace libre déterminants et gabarit pantographe selon le profil d'exigences	OCF3 / S2		
Canton/commune	Canton de Vaud / Commune d'Allaman et Perroy		
Chef·fe de projet	Stéphane Koessler		
PAP ☑ Oui ☐ Non			
☑ L'exhaustivité et l'exactitude du projet ont été contrôlées	Date	15.01.2025	Signature
☑ Tous les domaines concernés ont été contrôlés			
☑ Approbation enregistrée dans la liste, dossier de documents			
Remarques			

selon DE OCF/R RTE 20012

Service spécialisé	Valeur nominale respectée?	Fonction	Nom/prénom	Date	Signature	Information sur les distances critiques
☑ **Géomatique**	☐ Oui ☑ Non	IS	Kamga Patrick	11.11.2024	APK7	KM 24,244: Le Mât 13A et le coffret à câble Empiètent dans la zone des fenêtres
entraxe						
Distances par rapport aux installations		4 yeux	Bourgeois Clément	15.01.2025		
☐ **Voie ferrée**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Extrémité de voie						
		4 yeux				
☑ **Courant de traction**	☐ Oui ☑ Non	IS	Ken Meyer	10.12.2024	K.Meyer	KM 24,244: Le Mât 13A Empiète dans la zone des fenêtres, demande d'une dérogation au cas par cas
Zone du pantographe						
Mâts de la ligne de contact, y c. pièces ra		4 yeux	Cédric Thiébaud	10.12.2024	C.Thiébaud	
Hauteur du fil de contact, réserve de relev						
☑ **Câbles**	☐ Oui ☑ Non	IS	Marjanovic Daniel	22.10.2024	D.Marjanovic	KM 24,244: Le Mât 13A et le coffret à câble Empiètent dans la zone des fenêtres, demande d'une dérogation
Chambre à câbles, distributeurs de câble						
Montées de câbles		4 yeux	Dousse Laura	22.10.2024	L.Dousse	
☑ **Installations de sécurité et contrôle de la marche des trains**	☑ Oui ☐ Non	IS	Almeida Rui	13.12.2024	R. Almeida	Cas N°1 : rapport de cohérence PEL SANS problématique détecté SAZ non concerné par SIOP PEL
Signaux, cages de signalisation						
Armoire d'appareils, etc.		4 yeux				
☐ **Génie civil**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Quais						
Murs de soutènement		4 yeux				
Protection contre les chocs						
Écrans antibruit						
Quais de chargement						
Installation d'approvisionnement en eau e						
☐ **Tunnel**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Profil du tunnel						
Réserve de relevage		4 yeux				
Banquettes						
☑ **Structures porteuses**	☑ Oui ☐ Non	IS	Stéphane Koessler	27.09.2024		SIOP A 204 - PI de la Gordanne
Bordures et garde-corps de pont						
		4 yeux				
☐ **Accès au chemin de fer et bâtimen**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Marquises avec éléments d'information						
		4 yeux				
☐ **Installations techniques**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Mobilier de quai, etc.						
		4 yeux				
☐ **Chauffage des aiguilles**	☐ Oui ☐ Non	IS				
Cabines techniques, etc.						
		4 yeux				

Abréviations IS = Ingénieur·e spécialisé·e, 4-yeux= vérification à 4 yeux

Attribution des responsabilités: voir réglementation SIOP A Profil d'espace libre
Les installations provisoires doivent être déclarées par le service exécutant lors de la phase d'exécution au moyen du formulaire 4207.

Remarques SIOP contrôleur·euse PEL

☑ PEL (valeurs nominales/valeurs spéciales) respecté

☐ PEL (valeurs spéciales)) **pas** respecté

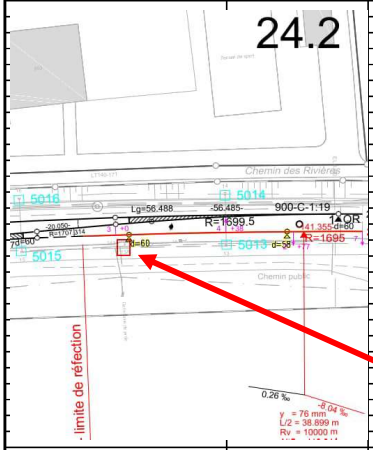
La réussite du contrôle SIOP A confirme que les prescriptions en matière de gabarit selon les DE OCF, art. 18 - 20, sont respectées au niveau de la planification. Les exigences STI relatives au PEL sont donc également satisfaites conformément aux RTNN concernées. Ceci vaut également pour une approbation au cas par cas de l'OFT.
INF RC chapitres (4.2.4.1., 4.2.4.2) et STI ENE (2014) (chapitre 4.2.10.)
RTNN CH-STI INF CR-001 et -002 et CH-STI INF CR-016, CH-STI ENE-001

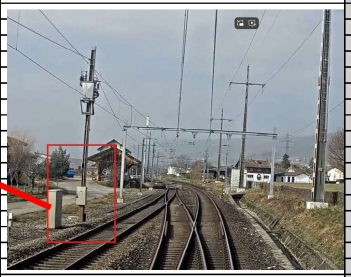
Remarques:
Dans le rapport technique bien préciser que c'est un état existant et un renouvellement de voie 1:1. Une demande de dérogation est déposée auprès de L'OFT.

Nom/prénom	Date	Signature
Brunisholz Patrick	11.02.2025	

Remarque sur les distances critiques - Service spécialisé Géomatique

Désignation de la distance critique (p. ex. numéro de mât /numéro de voie /km/etc.)	Remarques sur les plans	Justification de la valeur nominale insuffisante (IS)	Appréciation de la personne chargée du contrôle SIOP A PEL	
			Valeur spéciale respectée? oui/non	Remarques
KM 24,244 le Mât 13A et le coffret à câble Empiètent dans l'espace des fenêtres			oui, l'espace de fenêtre réduit	
de 110mm pour le mât de 75mm pour le coffret (valeur nominale du PEL).				
de 38mm pour le mât de 7mm pour le coffret (valeur spéciale du PEL).				
Il n'y a pas de dégradation ou d'ammélioration de la situation par la géométrie de la voie. La demande de dérogation est traité par le service des Câbles.				





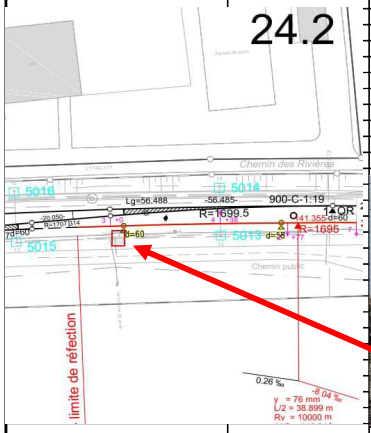
7 Prises de position des spécialistes

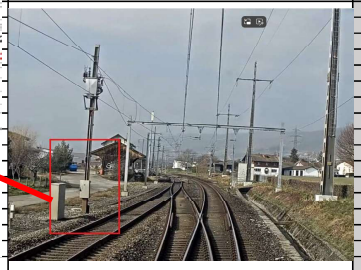
7.1 Service spécialisé pour le profil d'espace libre (I-NAT-BT-TNZ)

Le mât 13A avec le coffret de transformateur empiète dans le dégagement de fenêtre. En valeur spéciale, il respecte le dégagement de fenêtre réduit. A l'endroit du mât 13A ne sont pas prévus des travaux de réfection du drainage ou de banquette. A ce point précis, uniquement le renouvellement de la voie 315 1 .1 est projeté.
La mise en conformité du mât 13A nécessite différents travaux impliquant notamment le coffret. Dès que des travaux de ligne de contact ou de drainage de la voie seront prévus, la mise en conformité serait obligatoire.
La bande jaune/noir doit être posée.

Remarque sur les distances critiques - Service spécialisé Courant de traction

Désignation de la distance critique (p. ex. numéro de mât /numéro de voie /km/etc.)	Remarques sur les plans	Justification de la valeur nominale insuffisante (IS)	Appréciation de la personne chargée du contrôle SIOP A PEL	
			Valeur spéciale respectée? oui/non	Remarques
KM 24,244 le Mât 13A Empiète dans l'espace des fenêtres de 110mm pour le mât (valeur nominale du PEL).				
de 38mm pour le mât (valeur spéciale du PEL).		le déplacement du mât entraine des coûts disproportionées Voir FbE_ALL-PER_V315_005_CTRL mat13A_29 08 2024.pdf		





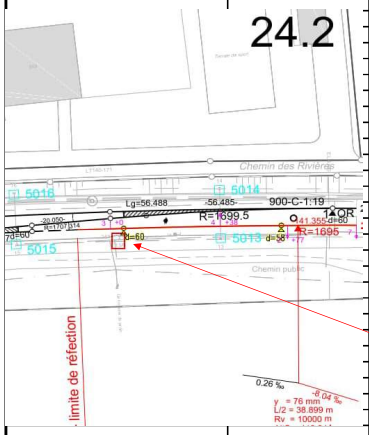
7 Prises de position des spécialistes

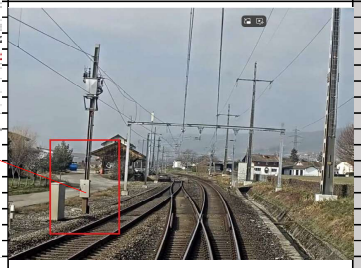
7.1 Service spécialisé pour le profil d'espace libre (I-NAT-BT-TNZ)

Le mât 13A avec le coffret de transformateur empiète dans le dégagement de fenêtre. En valeur spéciale, il respecte le dégagement de fenêtre réduit. A l'endroit du mât 13A ne sont pas prévus des travaux de réfection du drainage ou de banquette. A ce point précis, uniquement le renouvellement de la voie 315 1 :1 est projeté.
La mise en conformité du mât 13A nécessite différents travaux impliquant notamment le coffret.
Dès que des travaux de ligne de contact ou de drainage de la voie seront prévus, la mise en conformité serait obligatoire.
La bande jaune/noir doit être posée.

Remarque sur les distances critiques - Service spécialisé Câbles

Désignation de la distance critique (p. ex. numéro de mât /numéro de voie /km/etc.)	Remarques sur les plans	Justification de la valeur nominale insuffisante (IS)	Appréciation de la personne chargée du contrôle SIOP A PEL	
			Valeur spéciale respectée? oui/non	Remarques
KM 24,244 le Mât 13A et le coffret à câble Empiètent dans l'espace des fenêtres				
de 110mm pour le mât de 75mm pour le coffret (valeur nominale du PEL).				
de 38mm pour le mât de 7mm pour le coffret (valeur spéciale du PEL).				
Il n'y a pas de dégradation ou d'amméliorationde la situation par la géométrie de la voie. La demande de dérogation sera transmise.		le déplacement du cofret ne règle pas le problème il restera toujours dans les valeurs nominales Voir FbE_ALL-PER_V315_005_CTRL mat13A_29 08 2024.pdf		
		mesures prisent : 1er mesure : demande de dérogation 2ème mesure :bande jaune/noir sur le coffret		





7 Prises de position des spécialistes

7.1 Service spécialisé pour le profil d'espace libre (I-NAT-BT-TNZ)

Le mât 13A avec le coffret de transformateur empiète dans le dégagement de fenêtre. En valeur spéciale, il respecte le dégagement de fenêtre réduit. A l'endroit du mât 13A ne sont pas prévus des travaux de réfection du drainage ou de banquette. A ce point précis, uniquement le renouvellement de la voie 315 1 .1 est projeté.
La mise en conformité du mât 13A nécessite différents travaux impliquant notamment le coffret.
Dès que des travaux de ligne de contact ou de drainage de la voie seront prévus, la mise en conformité serait obligatoire.
La bande jaune/noir doit être posée.

12.100.01

Ligne: 150
Arrondissement: Lausanne - Genève - Aéroport
Site: Ecublens - Malatrex

Canton: Vaud
Communes: Allaman, Füchy, Perroy

Projet: FbE27 Allaman / FbE28 Allaman–Perroy
Renouvellement de la voie 1 et voie 315

N° plan: 1150015 / 1159002

Phase: Procédure d'approbation des plans

Signatures:

Assainissement du ballast et Renouvellement CC	Génie Civil
Service: ▮ INGENIEURS METRO ▮	Bénigne: ▮ ingénieurs ▮ conseils sa
Nom: ▮ Nicolas Lavanchy ▮	Nom: ▮ Fabien Vallat ▮
Nom: Nicolas Lavanchy	Nom: Fabien Vallat
Signature:	Signature:

SBB CFF FFS

Pont PI de la Gordanne
Plan d'objet
Coupes et détails

Echelle: 1:50 | Format: A0 | Date: 19.02.2021

N° d'ouvrage: 27.PI.GOR.21420 | Numéro de dessin: 12.100.01.001

N° d'ouvrage: 28.PI.GOR.21420 | Numéro de dessin: 12.100.01.001

Légende:
- Bordures et contre-rails
- Limites de propriété
- Zone de hivernage devant se prolonger sur toute la longueur du remplacement
- Limite communale

Situation PI de la Gordanne
Echelle 1:500

Coupe A-A (NORD)
Echelle 1:10

Coupe B-B (NORD)
Echelle 1:10

Coupe C-C (NORD)
Echelle 1:10

Elévation tôle non pliée
Echelle 1:10

Elevation à l'extremité
Echelle 1:10

Coupe D-D (SUD)
Echelle 1:10

Coupe E-E (SUD)
Echelle 1:10

Coupe F-F (SUD)
Echelle 1:10

Elevation 1 du garde-corps (NORD)
Echelle 1:50

Elévation 2 du garde-corps (SUD)
Echelle 1:50

Détail plaque de base
Echelle 1:5

SBB CFF FFS

12.101.04

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF

Service : I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1
Fonction : Chef de projet général
Nom : Stéphane Koessler
Signature :

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Auteur·e(s) du projet

Entreprise : sd ingénierie lausanne sa
Fonction : Chef de projet
Nom : François Yerly
Signature :

Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa
Lausanne, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Pont PI de la Gordanne
Convention d'utilisation

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	GR/FY	
B			
C			
D			
E			
F			

12.101.04_Pont PI de la Gordanne. Convention d'utilisation_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Avant-propos

Une convention d'utilisation distincte doit être établie pour chaque type d'installation. Un regroupement de différents types d'installations est possible et vaut p. ex. l'alimentation en eau, le drainage, les ponts, les tunnels et galeries (incl. tranchées couvertes), les écrans antibruit, les murs de soutènement, les ouvrages en terre. Ceci doit toutefois être défini au préalable en concertation avec I-NAT-KBN.

Le document doit être vérifié et complété à chaque phase de projet considérée. Les modifications doivent être effectuées directement dans le document original selon le code de couleurs suivant :

- Avant-projet : **noir**
- Projet de construction/mise à l'enquête : **vert**
- Projet d'exécution : **rose**

Afin de pouvoir comprendre les modifications au premier coup d'œil, la liste des révisions doit être rempli.

Liste des révisions et des modifications spécifiques au projet

Version	Date	Auteur	Remarques
A	03.07.2025	GR/FY	Version originale
B			
C			
D			
E			
F			

Table des matières

1 Objectifs généraux relatifs à l'utilisation 4
1.1 Projet de construction 4
1.2 Composants et ouvrages existants 5
1.3 Indications sur les dispositions contractuelles actuelles et futures concernant la propriété et l'entretien 7
1.4 Maîtrise d'ouvrage 7
1.5 Délimitations 7
1.6 Exigences d'utilisation 8
1.7 Durée d'utilisation 9
2 Bases 10
2.1 Bases spécifiques au projet 10
2.2 Bases légales 10
2.3 Normes 10
2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer 11
3 Environnement et exigences de tiers 11
3.1 Effets sur l'environnement (exigences et mesures de protection) 11
3.2 Exigences de tiers 12
3.3 Gabarit d'espace libre pour les voies de communication 12
3.4 Gabarit d'écoulement de rivières 12
3.5 Traversée de conduites industrielles 12
3.6 Installations de destruction de l'armée 12
4 Besoins de l'exploitation et de l'entretien 12
4.1 Locaux de service et places de parc pour l'exploitation 12
4.2 Accessibilité, contrôlabilité et remplaçabilités des pièces d'usure 13
4.3 Réserves de gabarit pour reprofilage ultérieur 13
4.4 Gestion du trafic lors d'inspection et de travaux de remise en état ultérieurs 13
4.5 Equipements spéciaux, équipements de mesure ou de régulation 13
5 Prescriptions particulières du maître d'ouvrage 13
5.1 Construction robuste 13
5.2 Exigences à l'étanchéité 13
5.3 Exigences aux surfaces de béton apparent 13
5.4 Produits / systèmes 13
5.5 Mesures relatives à la protection contre les courants électriques 16
5.6 Concept d'entretien dans le cadre de l'exploitation ferroviaire 16

5.7 Autres exigences 16
6 Objectifs de protection et risques particuliers 16
6.1 Exigences concernant la sécurité / sécurité vis-à-vis d'influences externes 16
6.2 Courants vagabonds 16
6.3 Actions chimiques 17
6.4 Oscillations et limites d'accélération 17
6.5 Choc de véhicules ferroviaire 17
6.6 Déraillement 17
6.7 Incendie 17
6.8 Tremblement de terre 17
6.9 Explosion 17
6.10 Sabotage et vandalisme 17
6.11 Autres actions accidentelles 17
6.12 Risques acceptés 17
7 Conditions particulières relatives à l'exécution des travaux 18
7.1 Viabilisation du chantier, accès, site d'installation 18
7.2 Conditions particulières de tiers 18
7.3 Conditions particulières résultant de l'exploitation ferroviaire 18
7.4 Prescriptions normatives 18
8 Signatures 19
8.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33) 19

1 Objectifs généraux relatifs à l'utilisation

L'étude de projet et l'exécution se fondent sur les lois, les normes SIA, VSA, SSIGE et VSS en vigueur, ainsi que sur la réglementation CFF (règlements, instructions, directives) pour les projets liés à l'exploitation ferroviaire.

1.1 Projet de construction

Le projet comporte une intervention sur le pont PI de la Gordanne, respectivement la mise en conformité des garde-corps. La conception de ce dernier, en vue d'un remplacement, doit par conséquent respecter les prescriptions en vigueur.

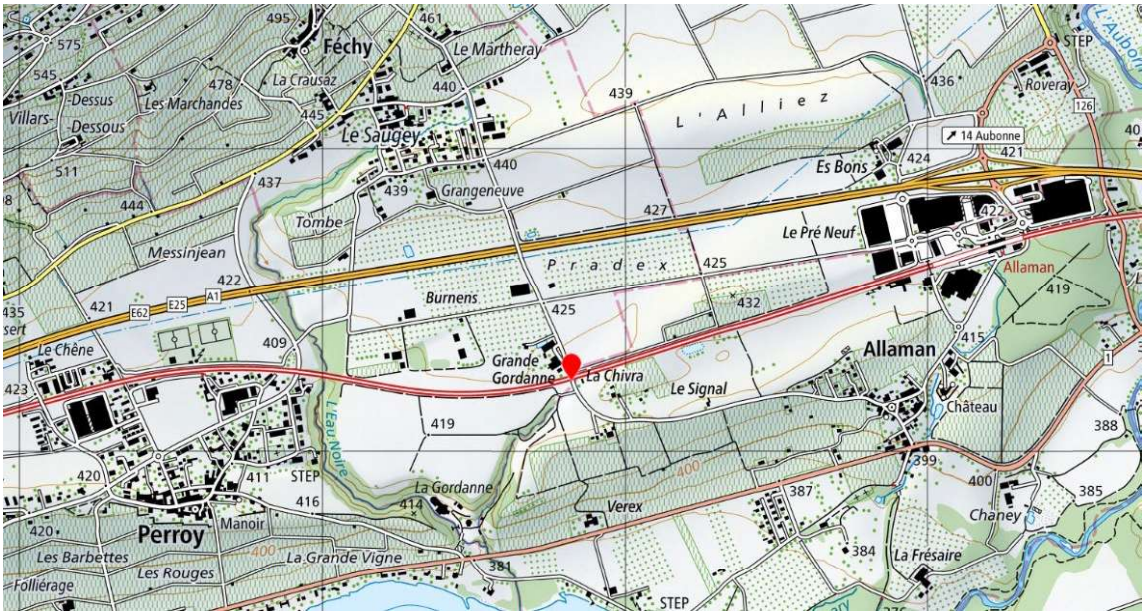


Figure 1 : localisation du projet – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

Selon les standards CFF pour les garde-corps des nouveaux ponts, la distance entre la face des poteaux à l'axe de la voie est fixée à 3.10 m. Pour les ponts existants, le PEL doit être respecté tout en observant une distance d'au moins 2.4 m entre la face des poteaux et l'axe de la voie.

La position actuelle des garde-corps du PI de la Gordanne ne permet pas de garantir une distance suffisante compte tenu de ce qui précède, et nécessite une mise en conformité.

Les dimensions principales des parties d'ouvrage faisant l'objet de la présente convention sont illustrées sur les extraits du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01, ci-dessous.

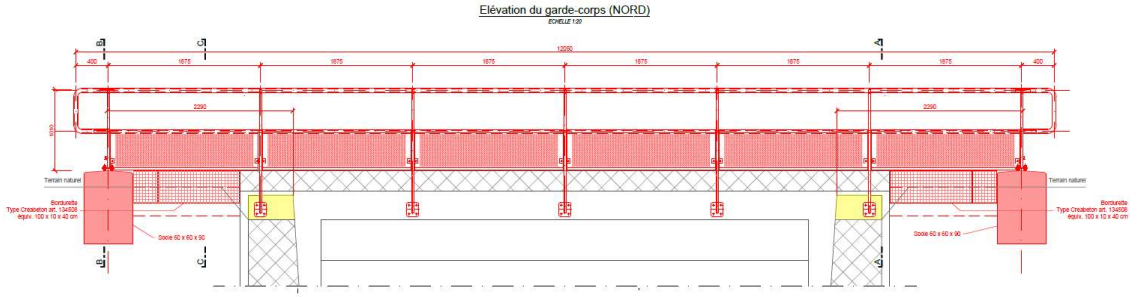


Figure 2 : vue en élévation du garde-corps projeté côté sud – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

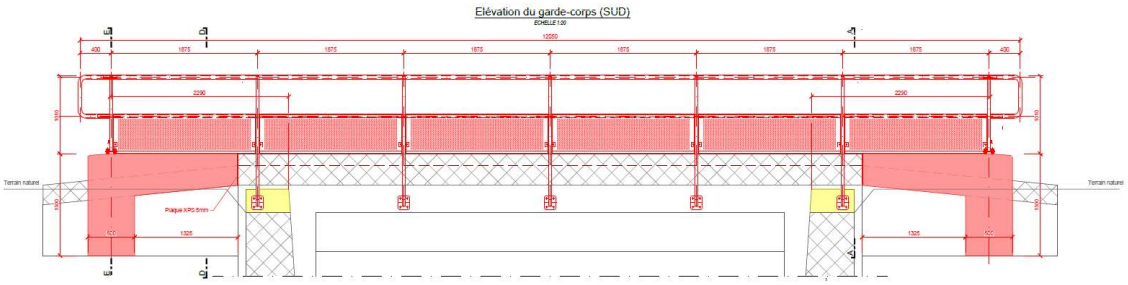


Figure 3 : vue en élévation du garde-corps projeté côté sud – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

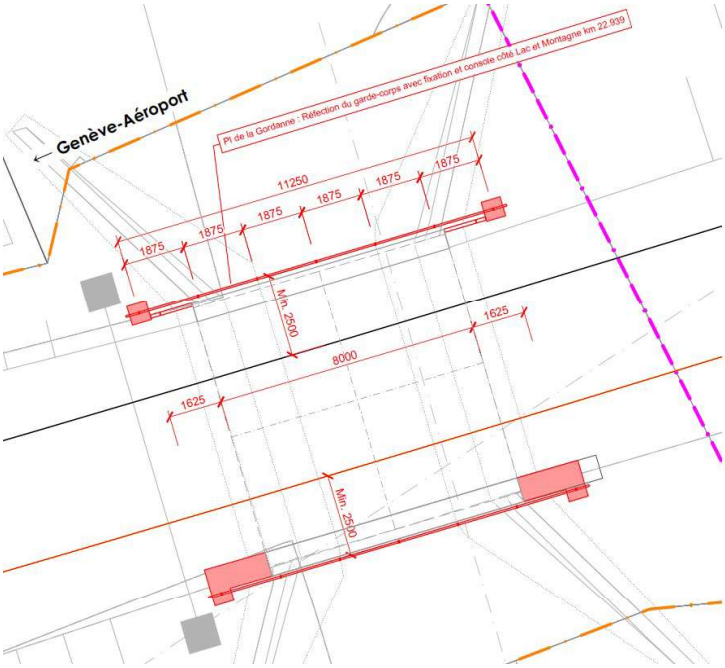


Figure 4 : vue en plan des garde-corps projetés – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

1.2 Composants et ouvrages existants

Nom du composant ou de l'ouvrage		Année de construc.	Type d'ouvrage	Ligne DfA et km	N° IPID
	Ponts / Passages inférieurs				
	PI de la Gordanne	1966	Pont, passage inférieur routier	150 Km 22.939	238991

Figure 5 : liste des ouvrages ou parties d'ouvrage existants

Le PI de la Gordanne est un passage inférieur routier situé au km 22.939 sur la ligne 150 : Lausanne – Genève, permettant de relier les localités d'Allaman et Féchy. L'ouvrage et le garde-corps que l'on connaît aujourd'hui ont été construits entre 1965 et 1966. La bordure sud, côté lac, a été rehaussée et élargie en 1969.



Figure 6 : photographie du PI de la Gordanne – source : Google Street View, 2014

Ce pont en béton armé ayant une portée de 6.7 mètres et reposant sur deux culées, offre un passage d'une largeur utile de 6.0 mètres. Le tablier sur lequel repose l'infrastructure ferroviaire à double voie, présente une largeur de 8.2 mètres, et est surmonté de chaque côté de bordures.

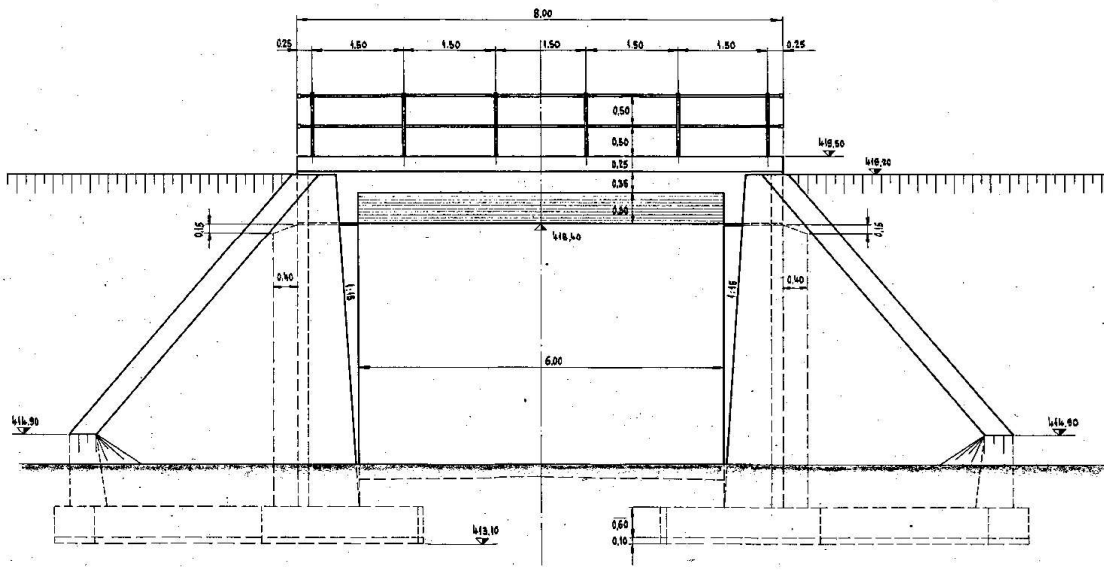


Figure 7 : vue en élévation – source : extrait de plan d'archive, CFF SA, 1965

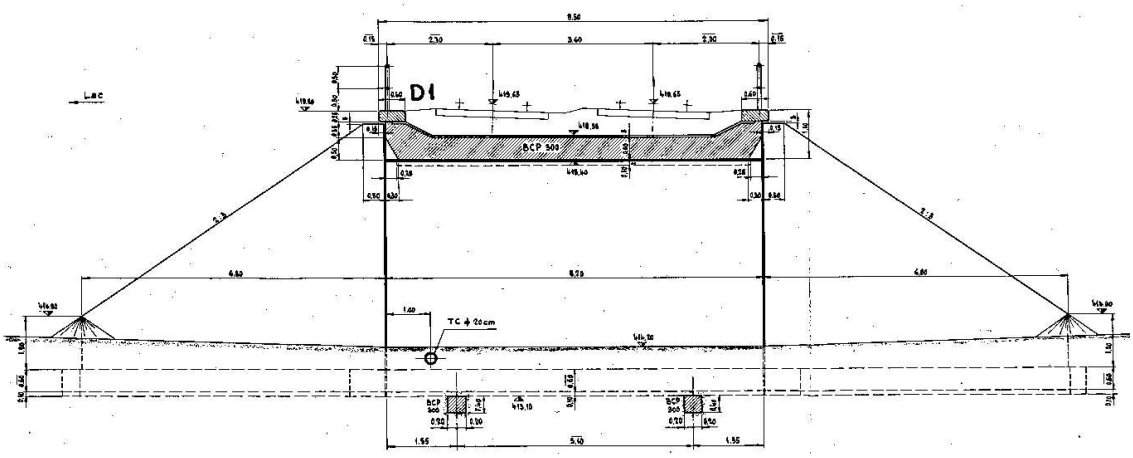


Figure 8 : vue en coupe transversale – source : plan d'archive, CFF SA, 1965

Les bordures sur lesquelles sont fixés les garde-corps présentaient initialement des dimensions LxBxh de 8 m, 50 cm et 25 cm, avec un porte-à-faux de 15 cm. La bordure du côté lac fut élargie et rehaussée de 15 cm quelques années après la construction du pont. Selon les données recueillies, la face des poteaux des garde-corps se trouve à une distance d'env. 2.2÷2.3 m de l'axe de la voie.

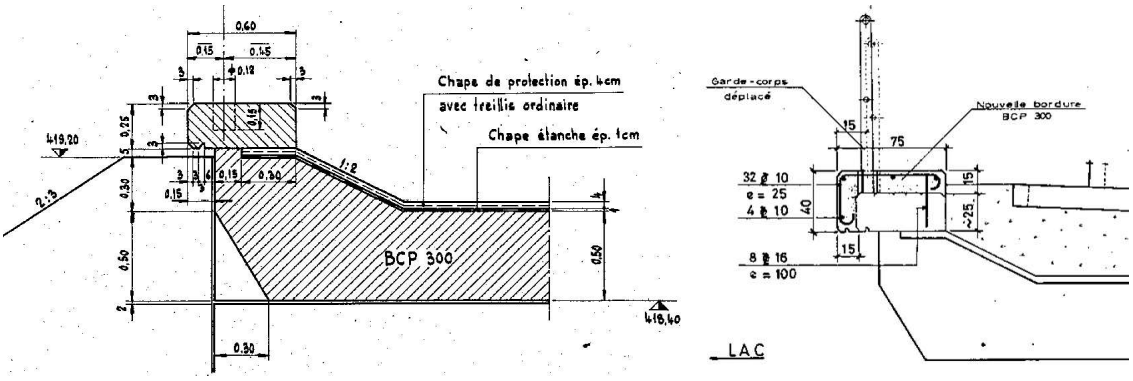


Figure 9 : détails des bordures – source : extrait de plan d'archive, CFF SA, 1965 et 1969

1.3 Indications sur les dispositions contractuelles actuelles et futures concernant la propriété et l'entretien

Convention n°90048259 du 14 novembre 1968 avec les Communes d'Allaman et Féchy :

- Art 1 – Entretien du PI et de la Route : les travaux de construction du PI ont été exécutés par les soins et aux frais des CFF qui assurent également l'entretien et le renouvellement de l'ouvrage sous les voies. La route empruntant le passage inférieur a été remise aux Communes à fin 1966, qui en assument l'entretien, à leurs frais.

1.4 Maîtrise d'ouvrage

La maîtrise d'ouvrage est assurée par la division Infrastructure des Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), service I-AEP-ENG-FB-RWT.

1.5 Délimitations

La présente convention d'utilisation concerne :

- Le garde-corps du pont PI de la Gordanne.

La convention d'utilisation ne traite que des sujets qui sont de la responsabilité de l'ingénieur civil et est élaborée conformément aux normes SIA. Les parties concernées pour ce projet sont :

Maitre de l'Ouvrage : CFF SA, Infrastructure

Ingénieur civil : sd ingénierie lausanne sa

L'accord par signature de la convention figure à la fin du présent document.

1.6 Exigences d'utilisation

1.6.1 Géométrie

Le gabarit limite des obstacles et le profil d'espace libre OCF 2 est exigé pour le projet. Selon les instructions du guide PAIngB version 3.2 et pour une vitesse de moins de 160 km/h, la distance entre la garde-corps et l'axe de la voie devrait être de 3.1 m. Pour des raisons de proportionnalités présentées au chapitre 5.4.1 et selon la disposition de la DE 18.2, la distance peut exceptionnellement être réduite à 2.4 m pour les ponts existants.

	Distance à partir de l'axe le plus extérieur [1]	
	Tronçon avec V ≤ 160 km/h	Tronçon avec V > 160 km/h
Distance minimale jusqu'à la face intérieure du garde-corps	*3,10 m [2]*	*3,85 m*
Distance minimale jusqu'à la face intérieure de l'écran antibruit (selon SN 640 570)	*4,00 m [3]*	*4,00 m*
Distance minimale jusqu'au bord intérieur de l'auge destinée à recevoir le ballast	*2,70 m*	*3,15 m*
Distance minimale jusqu'à la face intérieure du caniveau de câbles [4]	*2,20 m*	*2,20 m*

Tab. 1: Distances normales

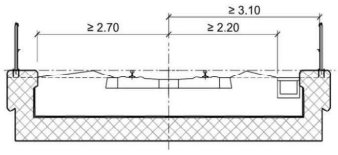


Fig. 2: Exemple de section de pont avec V ≤ 160 km/h

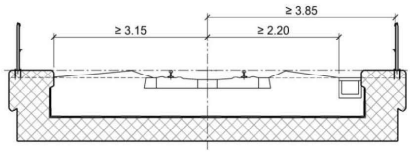


Fig. 3: Exemple de section de pont avec V ≥ 160 km/h

[1] Les distances minimales indiquées dans le tableau 1 sont valables pour des voies sans dévers et R ≥ 250 m. Pour les voies avec dévers, les distances minimales doivent être augmentées conformément à la Figure 11 du DE18. Pour R < 250 m, les distances minimales doivent être augmentées conformément au tableau 3.1 l'article DE 18.2

[2] Sur les ponts existants, cette dimension peut, dans des cas exceptionnels fondés, être réduite jusqu'à 2,40 m selon l'art. 18 des DE-OCF

[3] Sur les ponts existants, cette dimension peut, dans des cas exceptionnels fondés, être réduite jusqu'à 2.90m s'il y a au moins 4 m de l'autre côté de la voie (selon SN 640 570 et DE-OCF). Cette réduction n'est pas possible pour des ponts de longueur importante portant plusieurs voies (du matériel doit pouvoir être etocké le long de chaque voie).

[4] Les dimensions indiquées ci-contre garantissent la possibilité d'utiliser des machines normales pour le criblage du ballast. Dans des cas fondés lors de remises en état et de rénovations, en concertation avec I-NAT-KBN (service Génie civil) et I-AEP-ENG-FB (service voie ferrée).

Figure 10 : distances minimales à partir de l'axe de la voie – source : PABIngB version 3.2, CFF SA

La distante retenue entre l'axe de la voie et la face du poteau est de 2.5 m. Cette dimension assure un dégagement de service simple au sens des dispositions de la DE 18.3 et DE 18 fig. 11 :

- Dégagement de service simple : b_{Dmin}=0.5 m
- Dévers : d=55 mm
- Largeur Zone II côté intérieur de la courbe : dB_i=1'980+B_D=1'980+500=2'480 mm < 2'500 mm
- Largeur Zone II côté extérieur de la courbe : dB_a=1'856+B_D=1'980+500=2'356 mm < 2'500 mm

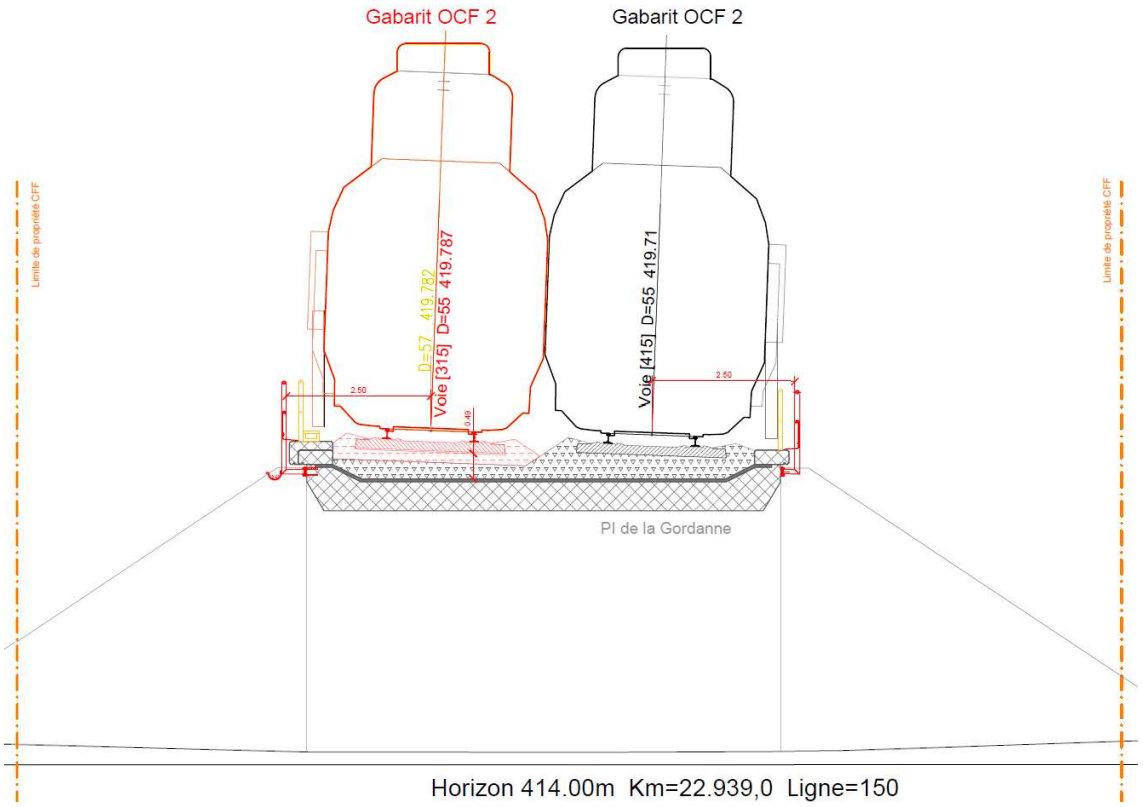


Figure 11 : géométrie de l'ouvrage – source : extrait du plan des profils en travers, pièce PAP n°07.02.01

1.6.2 Utilisation : charges utiles, vitesses, volume de trafic

1.6.2.1 Ouvrages ou parties d'ouvrage existants et conservés

- Durée d'utilisation actuelle : 59 ans (1965) ;
- Volume du trafic ferroviaire actuel : env. 66 à 67'000 TBC/jour/voie ;
- Vitesses de pleine voie : 140 km/h (V<160 km/h).

1.6.2.2 Ouvrages ou parties d'ouvrage à réaliser

- Modèles de charge à prendre en compte selon la norme SIA 261 : modèles 1 ;
- Volume du trafic ferroviaire prévu : env. 70'000 TBC/jour/voie ;
- Vitesses de pleine voie : 140 km/h (V<160 km/h).

1.6.3 Changements d'affectation

En raison du nouveau tracé lié au projet du tunnel Morges-Perroy, ce pont pourrait perdre sa fonction actuelle à partir de 2045 environ. Toutefois, la durée d'utilisation des nouveaux composants est à considérer comme définitive.

1.7 Durée d'utilisation

1.7.1 Composants et ouvrages existants

Nom du composant ou de l'ouvrage		Durée d'utilisation restante	Classe d'état d'UEW	Année d'inspection
	Pont			
	Bordures	41 ans		
	Tablier	41 ans		
	Garde-corps	A remplacer		

Figure 12 : durée d'utilisation restante planifiée pour les composants et ouvrages existants

1.7.2 Composants et ouvrages à réaliser

Nom du composant ou de l'ouvrage		Durée d'utilisation
	Pont	
	Ouvrages de fondation	100 ans
	Protection contre la corrosion	40 ans
	Garde-corps	50 ans

Figure 13 : durée d'utilisation planifiée pour les nouveaux composants et ouvrages à réaliser

2 Bases

2.1 Bases spécifiques au projet

[1] Dessin n°00.107-30, Garde-corps type IU-LS – protection contre la projection de ballast, CFF SA, 2004, révisé le 22.05.2023 ;
[2] Dossier de plans d'archive selon registre n°01.153, CFF SA, 1965-1969 ;
[3] Documents et courriels transmis par M. Stéphane Koessler, CFF SA, 2024 ;
[4] Dossiers de plans et rapports de la présente procédure d'approbation des plans (PAP).

2.2 Bases légales

[1] DE-OCF Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer en Suisse dans leur version applicable à la date de signature du contrat
[2] LCdF Loi fédérale sur les chemins de fer
[3] Directive Sécurité sismique des installations ferroviaires OFT
[4] Directive Protection contre le bruit des installations ferroviaires OFT
[5] Directives et instructions cantonales
[6] LDAI, ODAI Loi fédérale sur les denrées alimentaires et les objets usuels, ordonnance sur les denrées alimentaires
[7] LEaux, OEaux Loi fédérale sur la protection des eaux, ordonnance sur la protection des eaux

2.3 Normes

[8] SIA 118 (2013) Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction
[9] SIA 118/262 (2018) Conditions générales pour la construction en béton
[10] SIA 118/263 (2018) Conditions générales pour la construction en acier
[11] SIA 118/267 (2017) Conditions générales pour la géotechnique
[12] SIA 260 (2013) Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
[13] SIA 261 (2020) Actions sur les structures porteuses
[14] SIA 261/1 (2020) Spécifications complémentaires
[15] SIA 262 (2013) Construction en béton
[16] SIA 262/1 (2013) Spécifications complémentaires
[17] SIA 262.051 (2018) Béton – Spécification, performances, production et conformité
[18] SIA 2042 (2012) Prévention des désordres dus à la réaction alcalis-granulats (RAG) dans les ouvrages en béton
[19] SIA 263 (2013) Construction en acier
[20] SIA 263/1 (2013) Spécifications complémentaires
[21] SIA 263/1-C1 (2015) Construction en acier - Spécifications complémentaires, y c. correc. C1
[22] SN EN 1090 (2011) Exécution des structures en acier et des structures en aluminium
[23] SIA 264 (2014) Construction mixte acier-béton
[24] SIA 264/1 (2014) Spécifications complémentaires
[25] SIA 267 (2013) Géotechnique
[26] SIA 267/1 (2013) Spécifications complémentaires
[27] SIA 269 (2011) Bases pour la maintenance des structures porteuses
[28] SIA 269/1-7 (2011) Maintenance des structures porteuses
[29] SIA 269/8 (2018) Maintenance des structures porteuses - Séismes
[30] Suva 44006 (2017) Conception des garde-corps sur les accès permanents aux machines

[31] Suva 1796 (2005) 832.311.141 Ordonnance sur la sécurité et la protection de la santé des travailleurs dans les travaux de construction
[32] SN-EN 50122 (2017) Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag (Mesures de protection contre les chocs électriques)

2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer

[33] Règlements CFF Instructions et fiches
[34] W BAU GD 40..(1992) Directives concernant l'esthétique des ouvrages d'art des CFF (en révision)
[35] PAIngB Guide pour l'élaboration de projets en génie civil – Ponts (parties A et B)
[36] R RTE 20012 (2012) Profil d'espace libre, voie normale
[37] D RTE 22040 (2009) Guide pratique de la voie ferrée Écartement normal
[38] D RTE 27900 (2014) Manuel des conducteurs de retour de courant et des mises à terre
[39] R RTE 21110 (2015) Infrastructure et ballast, voie normale (et voie métrique)
[40] Prescriptions d'exécution et de qualité CFF (PEQ) et programmes de contrôle (PC)
- Structures porteuses en béton
- Protection anticorrosion des ponts métalliques
- Structures porteuses en acier

[41] Guide de la protection des surfaces en béton, 7 mars 2007, version du 1er décembre 2015
[42] FAQ « Comment doit être réalisée la mise à la terre des ponts de chemin de fer et selon quels principes faut-il sectionner ou non les systèmes de mise à la terre », 1er mars 2010, Dr Markus Büchler
[43] Factsheet protections antichute
[44] Plan schématique des catégories de ligne sismiques ESK
[45] BZU B23 Manuel de planification Protection antichute et main courante, août 2017, version 1.0
[46] Prescriptions d'exécution et de qualité (PEQ) CFF pour les garde-corps en zone publique.

3 Environnement et exigences de tiers

3.1 Effets sur l'environnement (exigences et mesures de protection)

3.1.1 Généralités

Les parties d'ouvrage doivent être construites dans le respect de l'environnement et des lois, directives et règlements en vigueur régissant le domaine.

Une attention particulière sera apportée surtout lors de la phase de construction. Les éléments suivants seront pris en considération :

- Décantation et évacuation des eaux de chantier ;
- Recyclage et traitement des résidus de sables ;
- Limitation du bruit (surtout lors des travaux nocturnes) ;
- Limitation des émissions de poussières ;
- Evacuation et tri des déchets ;
- Limitation de l'infiltration de polluants dans le sol (stockage d'hydrocarbures sur surfaces étanches, etc.).

3.1.2 Eaux souterraines

Le projet se trouve en secteur de protection des eaux A_u. La configuration des voies en remblai laisse supposer que la nappe souterraine n'interagit pas avec les fondations prévues.

3.1.3 Sites pollués

Une partie du bien-fonds 523 bordant le projet en contrebas du pont figure sur le cadastre des sites pollués. Dans la mesure du possible toute atteinte (fouille, terrassement, passage) doit être évité sur cette parcelle.



Figure 14 : sites pollués – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

3.1.4 Développement durable

Une attention particulière est apportée au choix des matériaux, pour que, dans la mesure du possible, l'impact écologique soit minimisé. Ce choix doit cependant toujours respecter les caractéristiques techniques et financières du projet.

D'autre part, lors de la réalisation des travaux, toutes les mesures seront mises en place afin de respecter les lois et ordonnances relatives à la protection de l'environnement.

3.2 Exigences de tiers

Néant.

3.3 Gabarit d'espace libre pour les voies de communication

En dehors de la phase de réalisation, le projet n'impacte pas le gabarit routier.

3.4 Gabarit d'écoulement de rivières

Néant.

3.5 Traversée de conduites industrielles

Le projet tient compte des conduites de services tiers dont le tracé interagit avec l'ouvrage ou se trouve dans ses environs immédiats. Avant la réalisation des travaux, des sondages pourraient être effectués afin de vérifier l'exactitude du cadastre souterrain. Lors de la réalisation des travaux, les entreprises exécutantes sont responsables des dégâts occasionnés aux différents réseaux.

3.6 Installations de destruction de l'armée

Néant.

4 Besoins de l'exploitation et de l'entretien

4.1 Locaux de service et places de parc pour l'exploitation

Néant.

4.2 Accessibilité, contrôlabilité et remplaçabilités des pièces d'usure

Tous les éléments de la réfection sont conçus de manière à limiter les futurs travaux d'entretien et/ou à faciliter leur éventuel remplacement (pièces d'usure).

Les pièces d'usures (liaison entre la structure métallique et la fondation enterrée) sont placées hors-sol de manière à garantir leur maintenance.

4.3 Réserves de gabarit pour reprofilage ultérieur

Néant.

4.4 Gestion du trafic lors d'inspection et de travaux de remise en état ultérieurs

Une intervention sur le garde-corps par moyens routiers avec p. ex. une nacelle nécessite une coordination avec le service de la voirie des communes limitrophes de Féchy et d'Allaman. La route étant secondaire et faiblement fréquentée, les perturbations occasionnées par une éventuelle déviation ou une circulation alternée sont quasiment nulles.

4.5 Equipements spéciaux, équipements de mesure ou de régulation

Un caniveau à câbles installé sur la bordure côté lac est renouvelé le cadre du projet.

5 Prescriptions particulières du maître d'ouvrage

5.1 Construction robuste

En raison des conditions d'exploitation, les CFF accordent une grande importance à la robustesse et à la durabilité des ouvrages afin de limiter les travaux d'entretien. Les PEQ des CFF (structures porteuses en acier, protection contre la corrosion, structures porteuses en béton, installations d'approvisionnement en eau, installations d'évacuation des eaux usées, drainages, etc.) sont indispensables pour répondre aux exigences énoncées. Ceci doit être pris en compte lors du choix du système et des matériaux.

5.2 Exigences à l'étanchéité

Sans objet.

5.3 Exigences aux surfaces de béton apparent

Sans objet.

5.4 Produits / systèmes

5.4.1 Choix du système

Les variantes d'intervention suivantes ont été envisagées :

- Remplacement du tablier ;
- Elargissement du tablier du pont ;
- Elargissement du pont avec une passerelle métallique ;
- Fixation des garde-corps en console.

En raison du nouveau tracé lié au projet du tunnel Morges-Perroy, ce pont pourrait éventuellement perdre sa fonction actuelle à partir de 2045 environ. Ainsi, la variante de remplacement du tablier du pont ne fut pas retenue.

Les moyens à mobiliser ainsi que la durée de travaux nécessaires à l'élargissement du tablier du pont furent également jugés disproportionnés en vue d'un futur déclassement des voies sur ce tronçon.

La distance de 2.5 m entre la face des poteaux et l'axe de la voie finalement exigée par les différents services CFF (LCM, GEO, NAT-IB) a permis d'écarter la variante d'élargissement avec une passerelle métallique.

Les bordures existantes ne sont pas solidaires au tablier et leur robustesse n'est pas appropriée aux forces dues aux chocs, mais leur longueur demeurant inférieure à 10 mètres permet d'y déroger (cf. annexe 1 et PAIngB). Pour ces mêmes raisons, il est choisi de se passer d'un ancrage des nouveaux garde-corps sur la face des bordures, du fait de l'importante excentricité par rapport à la zone d'appui de ces dernières.

La variante retenue et étudiée dans le présent dossier consiste en la fixation des garde-corps en console sur la face verticale du tablier du pont.

5.4.2 Matériaux

Les matériaux doivent être robustes et résistants à la corrosion, adaptés aux environnements extérieurs exposés aux intempéries.

Une protection anticorrosion des garde-corps est prévue avec un traitement de surface en acier galvanisé à chaud.

En atmosphère agressive et selon les standards CFF, il est recommandé d'enduire d'une couche de protection même les pièces zinguées à chaud (procédé appelé "Duplex").

5.4.3 Eléments de construction standard et détails constructifs

Les détails constructifs, basés sur les standards CFF tirés du dessin n°00.107-30 « Garde-corps type IU-LS Protection contre la projection de ballast » et de l'instruction du PAIngB version 3.2 « Guide pour l'élaboration de projets en génie civils – Ponts », sont consignés dans le plan d'objet, pièce PAP 12.101.01 du présent dossier.

5.4.4 Examen de l'ouvrage existant et scénario de renforcement

Le tablier et les bordures existantes furent construites entre 1965 et 1966 en béton armé (CP 300) puis pour l'une côté lac, élargie et rehaussée en 1969. Leur durée de vie sera atteinte dans une quarantaine d'année, soit au moment du possible déclassement des voies. Aucun renforcement de l'une des parties d'ouvrage n'est donc prévu dans le cadre du présent projet de renouvellement de voies hormis le remplacement des garde-corps.

5.4.5 Conception et esthétique

5.4.5.1 Généralités

La structure porteuse et les éléments d'ouvrage seront simples, robustes avec des dimensions raisonnables pour l'exécution.

Le béton des fondations doit être résistant aux actions dues à l'environnement (par ex. humidité, sels de déverglaçage, eau, gel, etc.). La protection de l'armature doit être garantie pendant toute la durée de service.

Des dispositions constructives doivent être réalisées dans les zones présentant des risques d'infiltrations pouvant mener à la corrosion des armatures ou à la dégradation prématurée d'éléments d'ouvrage.

Toutes les dispositions nécessaires doivent être prises afin de garantir une protection optimale contre la corrosion des aciers d'armature. Ces dispositions concernent principalement :

- Un choix adapté des matériaux de construction ;
- Des dispositions constructives répondant aux directives et aux normes existantes (enrobages, taux d'armature, etc.) ;
- Un suivi rigoureux de la réalisation des constructions et de la cure des bétons ;
- Une pente minimale de 1.5% doit être garantie sur les surfaces horizontales pour l'évacuation des eaux.

5.4.5.2 Dispositions contre les chutes

Les garde-corps doivent être prolongés au-delà du pont de manière à protéger le personnel des chutes. Un garde-ballast sera installé de manière à limiter la menace de chute de pierre du ballast sur les usagers en contrebas.

Une disposition contre les chutes est à prévoir sur les murs d'aile. Le système proposé est de type clôture avec 3 cordes horizontales répondant aux critères du domaine de l'entretien écologique, disposition qui devra être discutée avec le responsable de l'installation de nature lors des phases ultérieures.

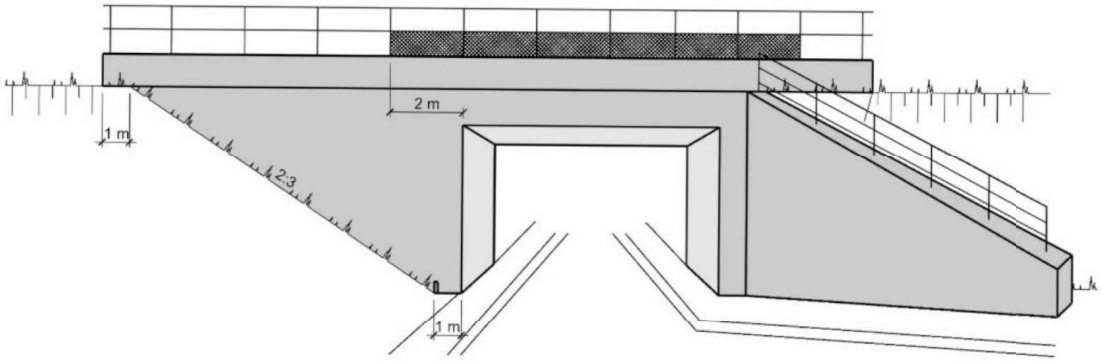


Figure 15 : disposition du grillage de protection – source : PABIngB version 3.2, CFF SA

Pour garantir une protection antichute à 2 mètres au-delà du pont, une fondation doit être prévue afin de fixer le garde-corps.

Selon l'image ci-dessous, il existe sur le côté sud un retour de muret sur lequel il est possible d'ancrer le garde-corps. Les photographies prises lors de la construction et figurant dans le dossier d'archive attestent effectivement de la présence de ce muret de ce côté-ci du pont. Un reprofilage avec sur-béton lié avec des armatures permettra d'obtenir la géométrie requise.



Figure 16 : illustration du pont, côté sud – source : extrait de la plateforme Google Streetview, août 2014

Selon l'image ci-après, la bordure du côté nord n'est pas munie d'un retour de muret. Pour ce côté du pont, il est proposé d'y construire une fondation isolée pour fixer le poteau d'extrémité au-delà des 2 mètres.



Figure 17 : illustration du pont, côté nord – source : extrait de la plateforme Google Streetview, août 2014

5.5 Mesures relatives à la protection contre les courants électriques[1]

Les garde-corps doivent être mis à terre ; les taquets de terre doivent être fixés aux garde-corps avant le traitement de surface lorsque celui-ci est prévu.

5.6 Concept d'entretien dans le cadre de l'exploitation ferroviaire

L'ouvrage est accessible avec des moyens routiers et une maintenance du garde-corps est possible avec une nacelle depuis la chaussée. Une intervention avec un véhicule de maintenance ferroviaire est également possible.

5.7 Autres exigences

5.7.1 Exigences d'utilisation durant les travaux de construction

La sécurité des usagers de la route ainsi que des ouvriers doit être garantie en tout temps durant la construction, avec la mise en place des mesures de protection contre les chutes d'objet adéquats. Aussi, les perturbations du trafic ferroviaire durant les travaux devront être limitées (travaux de nuits, mesures d'exploitation, etc.).

5.7.2 Protection contre les crues durant les travaux de construction

Néant.

5.7.3 Dates clés du programme des travaux

La planification du sous-projet 2 prévoit un début des travaux en avril 2026 pour une durée de 6 mois, soit jusqu'à mi-septembre 2026.

Les travaux de génie civil et de serrurerie prévus sur le PI de la Gordanne devraient durer env. 3 semaines, y.c. démontage du garde-corps existant.

6 Objectifs de protection et risques particuliers[2]

6.1 Exigences concernant la sécurité / sécurité vis-à-vis d'influences externes

Des mesures de protection adéquates tenant compte de la proximité des voies et de la ligne de contact seront mises en place en phase de réalisation, dans le respect des prescriptions en vigueur.

6.2 Courants vagabonds

[1] Voir aussi conditions selon SN-EN 50122-1

[2] Les objectifs de protection doivent être saisis de manière détaillée dans la base du projet, de manière séparée selon l'état de construction et de service.

Néant.

6.3 Actions chimiques

Des mesures doivent être prises afin de protéger les bétons de dégradations et les aciers de l'oxydation des atteintes suivantes :

- Réaction alcali-granulats (RAG) ;
- Autres agents chimiques (déversement de liquides dangereux en cas d'incident).

6.4 Oscillations et limites d'accélération

Néant.

6.5 Choc de véhicules ferroviaire

Les dommages liés à un choc d'un convoi doivent être évalués.

6.6 Déraillement

Les dommages liés à un déraillement d'un convoi doivent être évalués.

6.7 Incendie

Un incendie ne peut pas être exclu. Le risque est accepté par le Maître de l'Ouvrage. Des dispositions spéciales concernant la protection du sol et de la nappe phréatique ne sont pas prévues.

6.8 Tremblement de terre

Le Maître d'Ouvrage accepte les dommages causés par un tremblement de terre, mais ne tolère aucune défaillance de la structure porteuse.

6.9 Explosion

Une explosion ne peut pas être exclue. Le risque est accepté par le Maître de l'Ouvrage. Des dispositions spéciales concernant la protection du sol et de la nappe phréatique ne sont pas prévues.

6.10 Sabotage et vandalisme

Le risque est accepté par le Maître de l'Ouvrage.

6.11 Autres actions accidentelles

6.11.1 Dangers naturels

Aucun danger naturel ou autre influence pouvant porter atteinte à la structure n'est recensé au droit de l'ouvrage.

6.12 Risques acceptés

6.12.1 Phase de réalisation

- Choc d'un engin de chantier
- Incendie
- Explosion
- Sabotage et vandalisme
- Accident d'avion

6.12.2 Phase d'exploitation

- Incendie
- Explosion
- Sabotage et vandalisme
- Accident d'avion

7 Conditions particulières relatives à l'exécution des travaux

7.1 Viabilisation du chantier, accès, site d'installation

L'accessibilité et les sites d'installation sont consignés sur les plans de situation du projet. L'emprise des installations provisoires figure sur les plans d'acquisition et de piquetage.

7.2 Conditions particulières de tiers

Voir au chapitre 3 du présent document.

7.3 Conditions particulières résultant de l'exploitation ferroviaire

Les travaux se dérouleront de nuit afin de minimiser l'impact sur la circulation ferroviaire.

7.4 Prescriptions normatives

7.4.1 Structures en acier : classe d'exécution EXC

Selon annexe C de la SN EN 1993-1-1/A1.

7.4.2 Aptitude au service

Une attention particulière est à apporter à l'aptitude au service des nouveaux éléments, surtout en ce qui concerne les vérifications suivantes :

- Limitation des déformations ;
- Limitation de la fissuration (notamment pour les fondations) ;

7.4.3 Autres exigences particulières

Toutes les dispositions nécessaires doivent être prises afin de garantir une protection optimale contre la corrosion des aciers de construction et d'armature. Ces dispositions concernent principalement :

- Un choix adapté des matériaux de construction ;
- Des dispositions constructives répondant aux directives et aux normes existantes (enrobages, protection de surface, etc.) ;
- Un suivi rigoureux de la réalisation des ouvrages et de la cure des bétons ;
- Un soin particulier de l'exécution et de la protection en cas de présence de joints de reprise.

7.4.4 Normes

Sauf exceptions validées par le MO, toutes les études seront basées et réalisées selon les normes SIA, EN, les directives et recommandations de l'UTP actuellement en vigueur.

8 Signatures

8.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33)

Maître d'ouvrage

CFF SA, Infrastructure

Engineering – Voie Ferrée

Rue de la Gare de Triage 7

1020 Renens

Renens, le ……...

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne

Lausanne, le 3 juillet 2025

SBB CFF FFS

12.101.05

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF		Auteur·e(s) du projet	
Service :	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Entreprise :	sd ingénierie lausanne sa
Fonction :	Chef de projet général	Fonction :	Chef de projet
Nom :	Stéphane Koessler	Nom :	François Yerly
Signature :		Signature :	

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa
Lausanne, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Pont PI de la Gordanne
Base de projet

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	GR/FY	
B			
C			
D			
E			
F			

12.101.05_Pont PI de la Gordanne. Base de projet_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Avant-propos

Une base de projet distincte doit être établie pour chaque type d'installation. Un regroupement de différents types d'installations est possible et vaut p. ex. l'alimentation en eau, le drainage, les ponts, les tunnels et galeries (incl. tranchées couvertes), les écrans antibruit, les murs de soutènement, les ouvrages en terre. Ceci doit toutefois être défini au préalable en concertation avec I-NAT-KBN.

Le document doit être vérifié et complété à chaque phase de projet considérée. Les modifications doivent être effectuées directement dans le document original selon le code de couleurs suivant :

- Avant-projet : **noir**
- Projet de construction/mise à l'enquête : **vert**
- Projet d'exécution : **rose**

Afin de pouvoir comprendre les modifications au premier coup d'œil, la liste des révisions doit être rempli.

Liste des révisions et des modifications spécifiques au projet

Version	Date	Auteur	Remarques
A	03.07.2025	GR/FY	Version originale
B			
C			
D			
E			
F			

Table des matières

1 Généralités 3
1.1 Introduction 3
1.2 Description du projet 3
1.3 Croquis du projet, plans d'ensemble 3
1.4 Délimitation 5
1.5 Durée d'utilisation 5
1.6 Objectifs de protection 5
2 Bases 5
2.1 Bases spécifiques du projet 5
2.2 Bases légales 5
2.3 Normes 5
2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer 5
3 Conditions géotechniques et modèle de sol de fondation 6
3.1 Conditions géologiques 6
3.2 Conditions hydrogéologiques 6
3.3 Coefficients de poussée des terres 6
4 Concept de la structure 7
4.1 Système statique 7
4.2 Modèle de dimensionnement 7
4.3 Matérialisation 7
5 Actions 9
5.1 Parties d'ouvrage existantes. Actions actualisées selon SIA 269/1 9
5.2 Parties d'ouvrage à réaliser. Actions selon la norme SIA 261 9
6 Sécurité structurale 11
6.1 Situations de risque et mesures 11
7 Aptitude au service 12
8 Durabilité 12
9 Risques acceptés 12
10 Autres conditions déterminantes pour le projet 13
11 Signatures 13
11.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33) 13

1 Généralités

1.1 Introduction

La présente base du projet porte sur le projet FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy. 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 de l'ampleur des travaux de remise en état, de construction nouvelle, de remplacement, des processus de construction, des analyses sur la sécurité structurale ainsi que pour le choix des matériaux de construction.

La présente base du projet repose sur la convention d'utilisation du 09.05.2025. Les objectifs d'utilisation et les prescriptions de la maîtrise d'ouvrage sont consignés dans la convention d'utilisation et ne seront pas répétés dans la base du projet.

La présente base du projet est élaborée pour les composants/ouvrages suivants :

- ☐ Passage supérieur ;
- ☒ Passage inférieur ;
- ☐ Passage piétonnier sous voie, y c. accès au chemin de fer ;
- ☐ Passerelle ;
- ☐ Aqueduc, y.c. traversées de voies souterraines ;
- ☐ Tunnels et galerie, y.c. tranchées couvertes ;
- ☐ Ouvrage de soutènement, y.c. portail de tunnel ;
- ☐ Ouvrage en terre ;
- ☐ Paroi antibruit ;
- ☐ Évacuation des eaux usées, drainage ;
- ☐ Alimentation en eau (par ex. eau potable, eau industrielle) ;
- ☐ Ouvrages spéciaux.

1.2 Description du projet

La description du projet figurant dans la convention d'utilisation est également valable pour la base du projet et est également spécifiée ci-dessous :

Selon les standards CFF pour les garde-corps des nouveaux ponts, la distance entre la face des poteaux à l'axe de la voie est fixée à 3.10 m. Pour les ponts existants, le PEL doit être respecté tout en observant une distance d'au moins 2.4 m entre la face des poteaux et l'axe de la voie.

La position actuelle des garde-corps du PI de la Gordanne ne permet pas de garantir une distance suffisante compte tenu de ce qui précède, et nécessite une mise en conformité.

1.3 Croquis du projet, plans d'ensemble

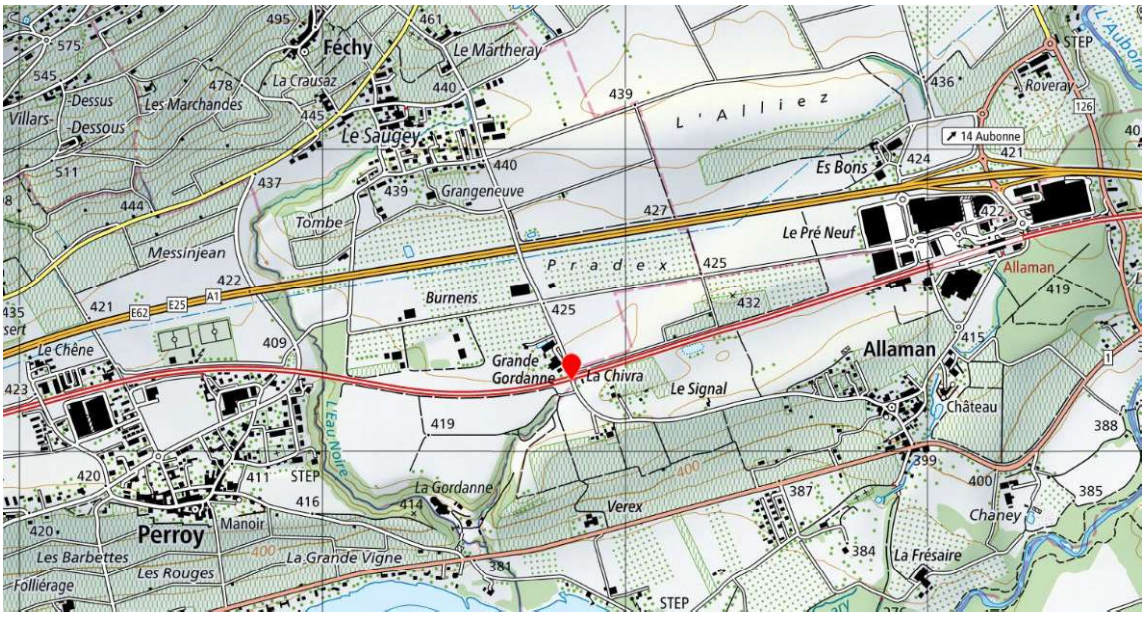


Figure 1 : localisation du projet – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

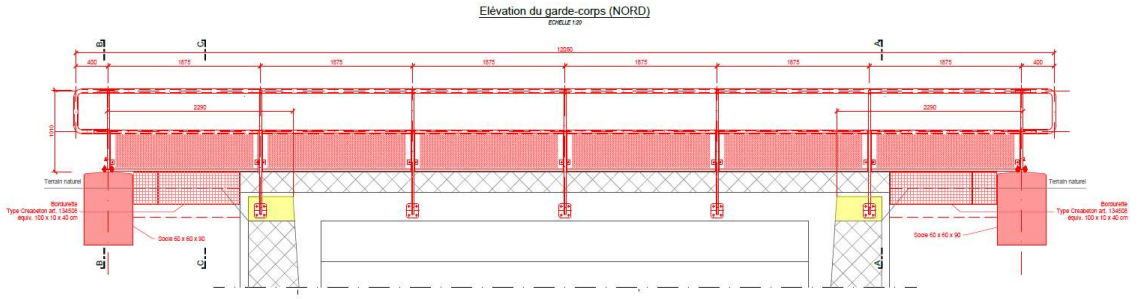


Figure 2 : vue en élévation du garde-corps projeté côté sud – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

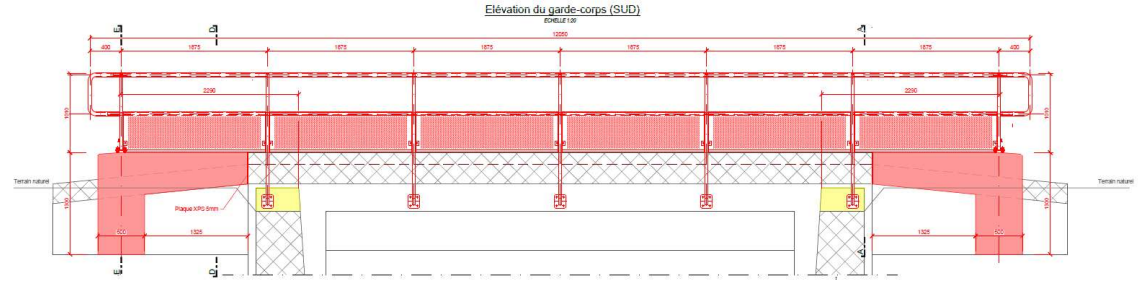


Figure 3 : vue en élévation du garde-corps projeté côté sud – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

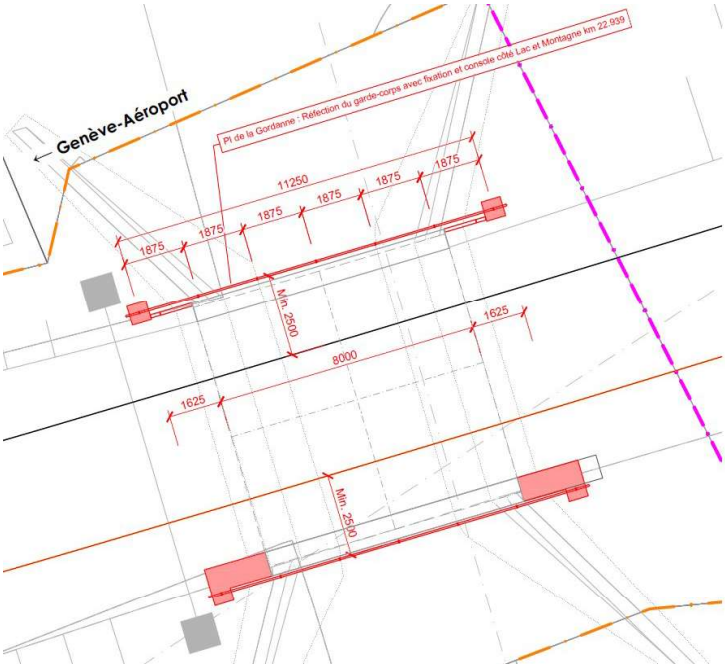


Figure 4 : vue en plan des garde-corps projetés – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

1.4 Délimitation

Voir convention d'utilisation

1.5 Durée d'utilisation

Voir convention d'utilisation

1.6 Objectifs de protection

Voir convention d'utilisation

2 Bases

2.1 Bases spécifiques du projet

2.1.1 Plans

- Extrait de la DfA, consulté sur RIS Mobile et transmis par CFF ;
- Plans d'archives et plans de convention.

2.1.2 Rapports

- Rapport géotechnique n°2018-065, CFF SA, version du 23.11.2020

2.1.3 Bibliographie

Néant.

2.2 Bases légales

Voir convention d'utilisation

2.3 Normes

Voir convention d'utilisation

2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer

Voir convention d'utilisation

3 Conditions géotechniques et modèle de sol de fondation

3.1 Conditions géologiques

Les couches du sol décrites ci-dessous ont été déterminées sur la base de l'étude géologique et géotechnique (rapport géotechnique n°2018-065, CFF SA, version du 23.11.2020.

Couche de sol		**Altitude**	**Ep.**	**USCS**	**Valeurs caractéristiques du sol de fondation**	
N°	**Désignation**	**[m s.m.]**	**[m]**	**[-]**		
a	Remblai	Selon sondage P1 Km 22.645		GM	φ'_k=35° γ_φ=1.20 [-] c'_k=0 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=23.4 kN/m³ M_{Ek}=15 MN/m² $M_{E'k}$=10 MN/m² k=5x10$^{-6\div8}$ m/s

Figure 5 : modèle de sol de fondation et valeurs caractéristiques du sol de fondation

3.1.1 Profils géologiques

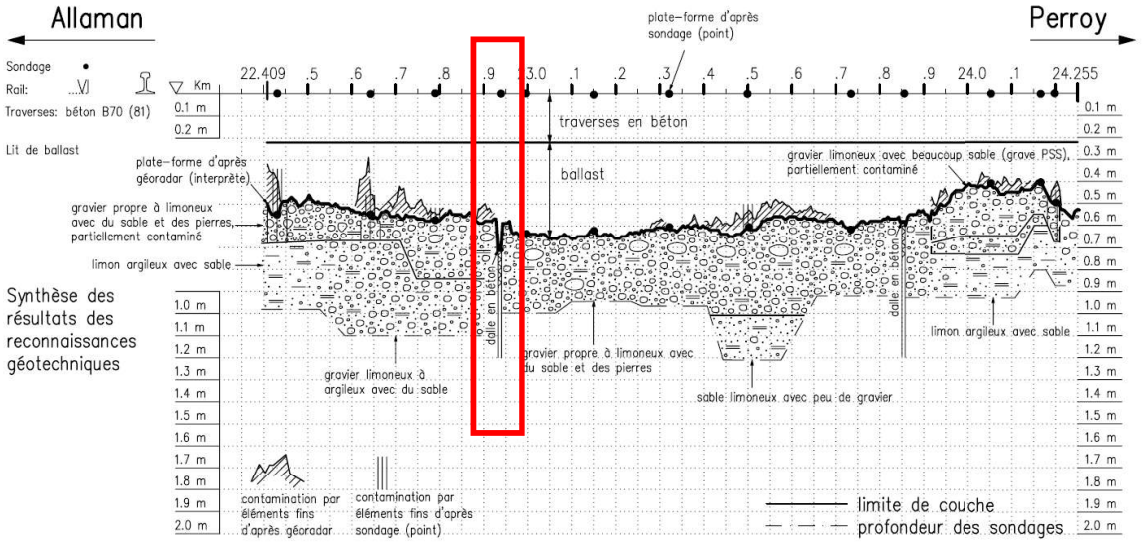


Figure 6 : composition du sol – source : rapport n°2018-065, CFF SA, version du 23.11.2020

3.2 Conditions hydrogéologiques

Le projet se trouve en secteur Au de protection des eaux.

La configuration des voies en remblai laisse supposer que la nappe souterraine n'interagit pas avec les fondations prévues.

3.3 Coefficients de poussée des terres

Le choix du coefficient de poussée des terres est effectué selon la norme SIA 261, chiffre 4.3 et le tableau 1 et SIA 267, chiffre 12.4.3.

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Justificatif de la sécurité structurale**	**Justificatif de l'aptitude au service**
N°	**Désignation**		
1	Fondations isolées	Poussée active et passive : K_{ah} selon Coulomb K_{ph} selon Caquot/Kérisel	--

Figure 7 : coefficient de poussée des terres pour les vérifications de la sécurité structurale et de l'aptitude au service

4 Concept de la structure

4.1 Système statique

4.1.1 Conditions d'appui

Le garde-corps est muni de poteaux verticaux qui supportent l'ensemble des éléments qui le compose, répartis à intervalles réguliers pour assurer une répartition uniforme des efforts dans la structure. Une main courante (barre supérieure) relie ces poteaux, offrant une prise en main sécurisée et renforçant la structure. Des barres horizontales intermédiaires assurent la sécurité en comblant l'espace entre les poteaux et sur lesquelles repose un garde-ballast. Le garde-corps est fixé à la face du tablier par des platines ou des scellements, permettant de transmettre les charges à la structure.

4.2 Modèle de dimensionnement

La structure n'a pas été modélisée dans sa totalité, mais les interfaces acier-béton ont été modélisées sur IDEAStatiCa et Hilti Profis.

4.3 Matérialisation

4.3.1 Composants et ouvrages existants

Élément constructif : pont, passage inférieur routier km 22.939

4.3.1.1 Béton

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Matériau**	**Valeurs caractér.**	**Valeurs de dimens.**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
1	Tablier et bordures	Béton BCP 300 BH armé	$f_{ck,act}$=64.6 MPa selon essais	$f_{cd,act}$=28.3 MPa $\tau_{cd,act}$=1.37 MPa	SIA 269/2 Valeurs de dimensionnement équivalente à un béton **C50/60**

Figure 8 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques du béton, composants existants

4.3.1.2 Acier d'armature

Aucune indication sur les plans d'archive ne fait mention de la nuance d'acier utilisée pour l'armature passive. L'hypothèse est admise sur la nuance II b.

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Matériau**	**Valeurs caractér.**	**Valeurs de dimens.**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
1	Tablier et bordures	Acier II b	f_{sk}=345 MPa E_s=205 GPa	f_{sd}=300 MPa	SIA 269/2

Figure 9 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques de l'acier d'armature, composants existants

4.3.1.3 Produits et systèmes

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Produits / systèmes**	**Type**	**Spécifications**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
1	Tablier et bordures	Appuis	Bordure non-porteuse	Sans ancrage avec le tablier (cf. plans d'archive)	

Figure 10 : produits et systèmes, composants existants

4.3.2 Nouveaux composants et ouvrages à réaliser

Élément constructif : pont, passage inférieur routier km 22.939

4.3.2.1 Béton

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Matériau**	**Valeurs caractér.**	**Valeurs de dimens.**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
2	Fondations isolées	Béton NPK F C30/37 XC4/XD3/ XF2 D_{max} 32 Cl 0.10 C3	f_{ck}=30 MPa f_{ctm}=2.9 MPa E_{cm}=33 GPa	f_{cd}=20 MPa τ_{cd}=1.1 MPa	SIA 262 Résistance aux RAG Classe de prévention PK 2

Figure 11 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques du béton, composants à réaliser

4.3.2.2 Acier d'armature

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Matériau**	**Valeurs caractér.**	**Valeurs de dimens.**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
2	Fondations isolées	Acier B500B	f_{sk}=500 MPa E_s=205 GPa	f_{sd}=435 MPa ε_{ud}=45‰	SIA 262

Figure 12 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques de l'acier d'armature, composants à réaliser

4.3.2.3 Acier de construction

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Matériau**	**Valeurs caractér.**	**Valeurs de dimens.**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
3	Garde-corps	Acier S235	E_k=210 GPa G_k=81 GPa f_{uk}=360 MPa f_{yk}=235 MPa	E_d=200 GPa G_d=77 GPa f_{ud}=343 MPa f_{yd}=224 MPa	SIA 263 γ_M=1.05

Figure 13 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques de l'acier de construction, composants à réaliser

4.3.2.4 Produits et systèmes

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Produits / systèmes**	**Type**	**Spécifications**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
3	Garde-corps	Appui	Ancrage	Tiges d'ancrage HAS M20 zinguée au feu ou INOX Résine type Hilti HIT-HY 200-A V3 ou équivalent	Dessin type CFF garde-corps type IU-LS n°00.107-30
3	Garde-corps	Protection contre corrosion	Système de protection contre la corrosion	Montants, tubes et plaques de base : Traitement DUPLEX Classe de corrosivité C4 Peinture noire RAL 9011	Selon PEQ CFF Construction antibruit – montants en acier et Garde-corps en zone publique. Dessin type CFF garde-corps type IU-LS n°00.107-30
				Tôle perforée : zinguée au feu	

Figure 14 : produits et systèmes, composants à réaliser

5 Actions

5.1 Parties d'ouvrage existantes. Actions actualisées selon SIA 269/1

Non pertinent.

5.2 Parties d'ouvrage à réaliser. Actions selon la norme SIA 261

5.2.1 Actions permanentes

5.2.1.1 Phase de réalisation

Néant.

5.2.1.2 Phase d'exploitation

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Poids propre des éléments porteurs		
	Béton	Dimensionnement / calcul statique	Poids propre du béton γ_G=25 kN/m^3
	Acier d'armature passive	Dimensionnement / calcul statique	Poids propre de l'acier γ_S=78.5 kN/m^3
	Construction en acier	Dimensionnement / calcul statique	Poids propre de l'acier γ_S=78.5 kN/m^3
	Poids propre des éléments non-porteurs		
	Lit de ballast	Dimensionnement / calcul statique	γ_G=18 kN/m^3 d_k=50+10=60 cm g_{Gk}=18 kN/m^2
	Traverses en béton	Dimensionnement / calcul statique	2.8 kN/pièce env. 4.8 kN/m de voie
	Rails	Dimensionnement / calcul statique	UIC 60 avec petits fers env. 1.7 kN/m de voie
	Garde-corps / protection antichute	Dimensionnement / calcul statique	Poids propre de l'acier γ_S=78.5 kN/m^3
	Poussée des terres contre les fondations isolées		Poussée des terres actives, répartition en triangle de la poussée des terres à partir du bord supérieur du ballast jusqu'au bord inférieur de la fondation.
	Sous l'effet de charges permanentes	Dimensionnement / calcul statique	e_h=K_U z γ K_U=K_{ah} (tab. 1 et 3)
	Sous l'effet du poids propre des éléments non-porteurs (surcharge de terre)	Dimensionnement / calcul statique	e_h=K_U q K_U=K_{ah} (tab. 1 et 3)

Figure 15 : actions permanentes, phase d'exploitation

5.2.2 Actions variables

5.2.2.1 Phase de réalisation

Néant.

5.2.2.2 Phase d'exploitation

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Neige	Dimensionnement / calcul statique	h_0=410+0=410 m (SIA 261, annexe D) C_e=1.00 (SIA 261, ch. 5.2.4) q_k=0.95 kN/m^2 (SIA 261, ch. 5.2.2)
	Vent	Dimensionnement / calcul statique	q_{p0}=0.90 kN/m^2 (SIA 261, annexe E) Cat. de terrain : IIa (SIA 261, tab. 4) c_h=1.06 (SIA 261, ch. 6.2.1.2) q_p=0.96 kN/m^2 (SIA 261, ch. 6.2.1.1)
	Température		Non pertinent
	Trafic non motorisé	Dimensionnement / calcul statique	q_k=4 kN/m^2 (SIA 261, ch. 9.2.2)
	Trafic ferroviaire		Hors zone d'influence
	Souffle aérodynamique	Dimensionnement / calcul statique	Vitesse autorisée : v=140 km/h a_g=2.5 m q_k=0.4 kN/m² (EN 1991-2 :2003, fig. 6.22)
	Garde-corps	Dimensionnement / calcul statique	q_k=0.8 kN/m (SIA 261, tab. 20)
	Poussée des terres résultant des charges dues au trafic ferroviaire		Hors zone d'influence

Figure 16 : actions variables phase d'exploitation

5.2.2.3 Coefficients du modèle de charges dues au trafic ferroviaire

Non concerné.

5.2.3 Actions exceptionnelles

5.2.3.1 Phase de réalisation

Néant.

5.2.3.2 Phase d'exploitation

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Déraillement		Non pertinent
	Poussée des terres résultant de la charge ferroviaire en cas de déraillement (ponts, murs de soutènement, culées, murs en aile)		Non pertinent
	Choc (impact direct) de véhicules ferroviaires		Pour les bordures non-porteuses : Selon PAIngB, non pertinent pour les longueurs inférieures à 10 m
	Séisme		Non déterminant (SIA 261, ch. 16.7)
	Explosions	Risque accepté	--
	Incendie	Risque accepté	--
	Collisions	Risque accepté	--

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Glissements de terrain Coulées de boue Chute de pierres	Risque accepté	--

Figure 17 : actions exceptionnelles phase d'exploitation

6 Sécurité structurale

Les preuves de la sécurité structurale doivent être apportées selon les dispositions des normes SIA 260 et 261, 262, 267 et 269.

6.1 Situations de risque et mesures

6.1.1 Phase de réalisation

Néant.

6.1.2 Phase d'exploitation

Élément constructif : garde-corps

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge		Coefficients
Légende : ST=action permanente, LE=action prépondérante, BE=action concomitante					
EG	Usagers et chute d'objet	E2G ELU type 2 (résistance du support)	ST	Poids propre : Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.35 / 0.70
			LE	Garde-corps	γ_Q=1.50
			BE	Souffle des trains Vent	Ψ_0=1.00 Ψ_0=0.80

Figure 18 : vérification de la sécurité structurale, situations de risques phase d'exploitation

Élément constructif : fondations isolées

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge		Coefficients
Légende : ST=action permanente, LE=action prépondérante, BE=action concomitante					
EG	Trafic ferroviaire	E1G ELU type 1 (stabilité globale)	ST	Poids propre : Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.10 / 0.90
			ST	Poussée des terres	γ_G=1.35 / 0.80
			LE	Garde-corps	γ_Q=1.50
			BE	Souffle des trains Vent	Ψ_0=1.00 Ψ_0=0.80
		E2G ELU type 2 (résistance du support)	ST	Poids propre : Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.35 / 0.80
			ST	Poussée des terres	γ_G=1.35 / 0.70
			LE	Garde-corps	γ_Q=1.50
			BE	Souffle des trains Vent	Ψ_0=1.00 Ψ_0=0.80
		E3G ELU type 2 (résistance du sol de fondation)	ST	Poids propre : Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.35 / 0.80
			LE	Garde-corps	γ_Q=1.50

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge		Coefficients
			BE	Souffle des trains Vent Rassemblement Neige	Ψ_0=1.00 Ψ_0=0.80 Ψ_0=0.40 Ψ_0=0.85

Figure 19 : vérification de la sécurité structurale, situations de risques phase d'exploitation

7 Aptitude au service

La justification de l'aptitude au service doit être apportée selon la norme SIA 260, ch. 4.4.4.

7.1 Etats d'utilisation et mesures

7.1.1 Phase de réalisation

Néant.

7.1.2 Phase d'exploitation

Élément constructif : fondations isolées

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge	Coefficients
Légende : ST=action permanente, LE=action prépondérante, BE=action concomitante				
EF	Trafic ferroviaire	EFA ELS durabilité Limitation des largeurs de fissures : w_{nom}=0.5 mm Exigences : accrue (PEQ Structures porteuses en béton)	Vérification de la contrainte selon SIA 262, ch. 4.4.2	

Figure 20 : vérification de l'aptitude au service, états d'utilisation phase d'exploitation

Pour l'élément constructif du garde-corps, il n'y a pas de vérification à effectuer concernant l'aptitude au service.

8 Durabilité

Exigences	Mesures	Traitement ultérieur
Protection contre la corrosion de l'armature	Enrobage de l'armature Étanchéité voie ferrée selon SIA 262, tab. 18	Programme de contrôle Contrôles d'exécution
Protection contre la corrosion de la structure en acier	Système de protection contre la corrosion PEQ CFF Construction antibruit – montants en acier PEQ CFF Garde-corps en zone publique	Programme de contrôle Documents d'appel d'offres Contrôles d'exécution
Aspect de la surface en béton Classes de surface de béton apparent selon SIA 118/262	Selon standards CFF pour les socles de fondations	Programme de contrôle Documents d'appel d'offres Contrôles d'exécution Plan de surveillance et d'entretien
Limitation des fissures	Armature minimale Classes de cure (NBK) selon SIA 262, tab. 22 Étapes de bétonnage Sorte de béton	Dimensionnement Programme de contrôle Contrôles d'exécution

Figure 21 : exigences et mesures de garantie de la durabilité

9 Risques acceptés

Les risques acceptés sont documentés dans la convention d'utilisation.

10 Autres conditions déterminantes pour le projet

Néant.

11 Signatures

11.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33)

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne

Lausanne, le 3 juillet 2025

SBB CFF FFS

12.101.06

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF		Auteur·e(s) du projet	
Service :	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Entreprise :	sd ingénierie lausanne sa
Fonction :	Chef de projet général	Fonction :	Chef de projet
Nom :	Stéphane Koessler	Nom :	François Yerly
Signature :		Signature :	

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa
Lausanne, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Pont PI de la Gordanne
Note de calcul

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	GR/FY	
B			
C			
D			
E			
F			

12.101.06_Pont PI de la Gordanne. Note de calcul_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Avant-propos

Une note de calculs distincte doit être établie pour chaque type d'installation. Un regroupement de différents types d'installations est possible et vaut p. ex. l'alimentation en eau, le drainage, les ponts, les tunnels et galeries (incl. tranchées couvertes), les écrans antibruit, les murs de soutènement, les ouvrages en terre. Ceci doit toutefois être défini au préalable en concertation avec I-NAT-KBN.

Le document doit être vérifié et complété à chaque phase de projet considérée. Les modifications doivent être effectuées directement dans le document original selon le code de couleurs suivant :

- Avant-projet : **noir**
- Projet de construction/mise à l'enquête : **vert**
- Projet d'exécution : **rose**

Afin de pouvoir comprendre les modifications au premier coup d'œil, la liste des révisions doit être rempli.

Liste des révisions et des modifications spécifiques au projet

Version	Date	Auteur	Remarques
A	03.07.2025	GR/FY	Version originale
B			
C			
D			
E			
F			

Table des matières

1 Introduction 3
1.1 But et périmètre d'étude 3
1.2 Phasage de réalisation 3
2 Dimensionnement du garde-corps 3
2.1 Modèle d'analyse 3
2.2 Actions considérées 4
2.3 Hypothèses 9
2.4 Données 9
2.5 Aptitude au service 11
2.6 Sécurité structurale 12
3 Conclusion 16
4 Signatures 16
4.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33) 16

Annexes

[1] Rapport IDEAStatiCa assemblage, sd ingénierie lausanne sa (2025)
[2] Rapport Hilti Profis, sd ingénierie lausanne sa (2025)

1 Introduction

1.1 But et périmètre d'étude

La présente note de calculs repose sur la convention d'utilisation et la base de projet du dossier PAP, pièces 12.101.04 et 12.101.05, et concerne les garde-corps du PI de la Gordanne à remplacer et les éléments d'ouvrages sur lesquels ils sont ancrés, soit les fondations isolées et le tablier existant.

1.2 Phasage de réalisation

Les points élémentaires liées au phasage et au dimensionnement sont décrits ci-après :

- Les fondations isolées sont éventuellement préfabriquées au préalable ou coulées sur place ;
- Les poteaux du garde-corps sont façonnés, percés, soudés et/ou assemblés avec la plaque de base préalablement puis sont livrés préfabriqués pour le montage sur site ;
- Le remblayage des fondations est considéré comme terminé lors du montage du garde-corps.

2 Dimensionnement du garde-corps

2.1 Modèle d'analyse

L'analyse se base sur la géométrie suivante :

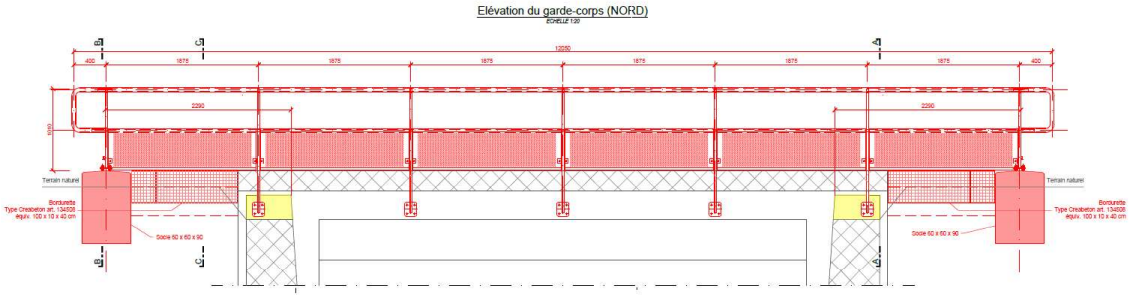


Figure 1 : vue en élévation du garde-corps projeté côté sud – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

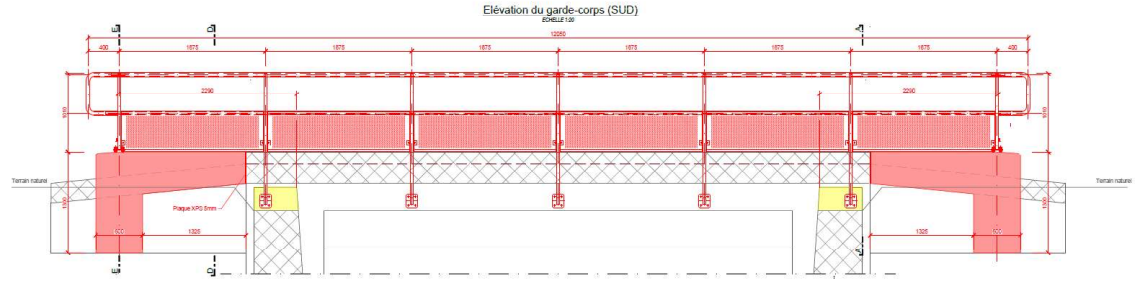


Figure 2 : vue en élévation du garde-corps projeté côté sud – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

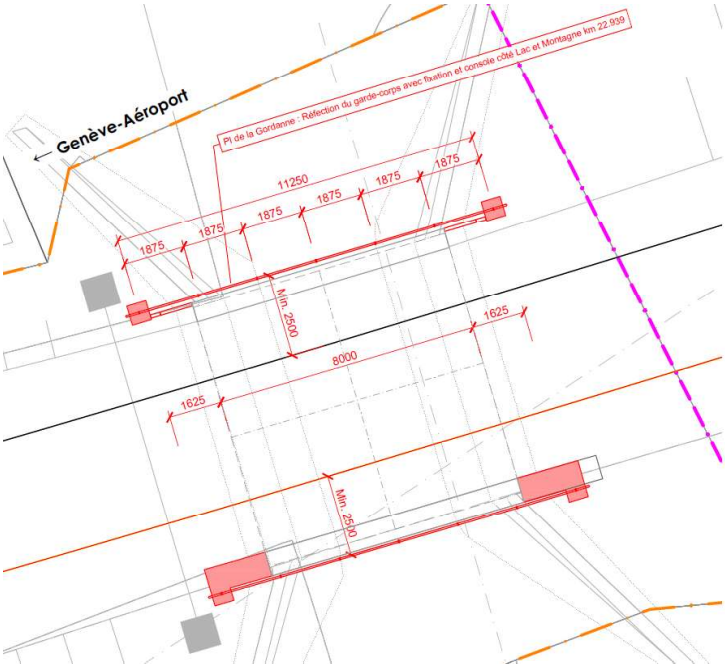


Figure 3 : vue en plan des garde-corps projetés – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01

2.2 Actions considérées

2.2.1 Actions permanentes

2.2.1.1 Poids propre des éléments porteurs

Poids de la fondation isolée :

- $G_{k,beton}$ = 25 [kN/m^3] * 0.9 [m] * 0.6 [m] * 0.6 [m] = 8.1 kN

2.2.1.2 Poids propre des éléments non-porteurs

Poids du garde-corps reporté à l'entraxe d'un poteau à mi-travée :

- $G_{k,acier}$ = 78.5 [kN/m^3] * ((1.575 [m] +0.370 [m])* 0.08 [m]* 0.03 [m]
  + 1.825 [m] * 0.05 [m] * 0.81 [m] * 0.5 [m^2/m^2])
  + 0.01 [kN/kg] * 1.875 [m] * (4.07 [kg/m] + 5.67 [kg/m]) = 6.12 kN

Moment dû au poids propre du garde-corps :

- $M_{k,acier}$ = 6.12 [kN] * 0.392 [m] = 2.40 kNm

2.2.2 Terrain de fondation

2.2.2.1 Poussée hydrostatique

La nappe n'interagit pas avec les fondations, situées sur un remblai de voies à près de 2 m plus haut que le relief naturel du terrain.

2.2.2.2 Poussée des terres

La différence de niveau du terrain entre l'avant et l'arrière de la fondation est d'env. 15 à 20 cm, la butée en aval de la fondation est par conséquent moins importante que la poussée. La pente du terrain en aval de la fondation vaut env. β=35° au maximum.

Les coefficients utilisés pour la poussée des terres sont les suivants :

Coefficients de poussée des terres			
Paramètres		**Sol 1**	
		X_k	$X_{d\ (\gamma=1.20)}$
Facteur partiel	γ_φ	--	1.20
Angle de frottement effectif	φ'	35.0°	30.3°
Adhérence de la paroi	--		Rugueuse
Rapport δ_a/φ'	δ_a/φ'		2/3
Angle de frottement sol-paroi en poussée	δ_a	23.3°	20.2°
Angle de la paroi côté amont	λ_a	0.0°	0.0°
Angle du talus côté amont	β_a	0.0°	0.0°
Rapport β_a/φ'	β_a/φ'	0.00	0.00
Rapport δ_p/φ'	δ_p/φ'		- 1/2
Angle de frottement sol-paroi en butée	δ_p	-17.5°	-15.1°
Angle du talus côté aval	β_p	0.0°	0.0°
Rapport β_p/φ'	β_p/φ'	0.00	0.00
Coefficient de poussée active	K_a	0.24	0.29
Coefficient de poussée horizontale active	K_{ah}	0.22	0.28
Coefficient de poussée passive	K_p	6.82	4.66
Coefficient de poussée horizontale passive	K_{ph}	6.50	4.50
Coefficient de poussée au repos	K_0	0.43	0.50
Coefficient de poussée horizontale au repos	K_{0h}	0.43	0.50

Figure 4 : tabelles de détermination des coefficients de poussées des terres

2.2.3 Actions variables

2.2.3.1 Vent

Calcul de la pression dynamique selon SIA 261 § 6.2.1.1 :

- q_{p0} = 0.90 kN/m² (SIA 261 Annexe E)
- z = max{h = 1.0 m , z_{min} = 5 m} = 5 m (SIA 261 § 6.2.1.2)
- Catégorie de terrain IIa (grande plaine) → z_g = 380 m, α = 0.19
- $c_h = 1.6\ [(z/z_g)^{\alpha}+0.375]^2 = 1.6 * [(5/380)^{0.19} + 0.375]^2 = 1.06$
- $q_p = c_h\ q_{p0} = 1.06 * 0.90 = 0.96$ kN/m²

Calcul de la force globale due au vent selon SIA 261 § 6.2.3.2 : le parapet n'étant pas une simple surface rectangulaire, la géométrie a été divisée en 3 : la barre supérieure, la barre médiane et la tôle, considérée à 50% en raison de la surface perforée. Ces 3 résultats sont ensuite superposés.

- c_{red} = 1.0 (valeur sécuritaire, SIA 261 § 6.3)
- c_d = 1.0 (SIA 261 § 6.3)
- $c_{f\ grille}$ = 1.5 pour φ = 45° (SIA 261 tableau 69)
- $c_{f\ rors}$ = 1.2 (SIA 261 tableau 72)
- q_p = 0.96 kN/m²
- $a_{ref,grille}$ = (0.982+0.040-0.125-0.400-0.010)*1*50% = 0.244 m²/m
- F_{grille} = 0.244 * 0.96 = 0.234 kN/m
- h_{grille} = (0.08/2) + 0.982 – (0.124+0.415)/2 = 0.753 m
- M_{grille} = 0.234 * 0.753 = 0.176 kNm/m
- $a_{ref,Ø38}$ = 0.038*1 = 0.038 m²/m
- $F_{Ø38}$ = 0.038 * 0.96 = 0.036 kN/m
- $h_{Ø38}$ = (0.08/2) + 0.982= 1.022 m
- $M_{Ø38}$ = 0.036 * 1.022 = 0.037 kNm/m
- $a_{ref,Ø51}$ = 0.051*1 = 0.051 m²/m
- $F_{Ø51}$ = 0.051 * 0.96 = 0.049 kN/m
- $h_{Ø51}$ = (0.08/2) + 0.982 + 0.500 = 1.522 m
- $M_{Ø51}$ = 0.049 * 1.522 = 0.075 kNm/m

- $F_{k,v} = (F_{grille}\ cf_{grille} + F_{Ø38}\ cf_{Ø38} + F_{Ø51}\ cf_{Ø51}) * c_d * c_f * entraxe =$
  $(0.234 * 1.5 + 0.036 * 1.2 + 0.049 * 1.2) * 1 * 1 * 1.875 =$ <u>0.849 kN</u>
- $M_{k,v} = (M_{grille}\ cf_{grille} + M_{Ø38}\ cf_{Ø38} + M_{Ø51}\ cf_{Ø51})\ c_d\ c_f * entraxe =$
  $= (0.176 * 1.5 + 0.037 * 1.2 + 0.075 * 1.2) * 1 * 1 * 1.875 =$ <u>0.747 kNm</u>

2.2.3.2 Force dans les garde-corps

Selon SIA 261, tableau 20, la charge de garde-corps est égale à 0.8 kN/m (non accessible au public). Cette force est à considérer comme une action variable, statique horizontale et uniformément répartie.

- $F_{k,gc} = 0.8 * 1.875 =$ <u>1.5 kN</u>
- $M_{k,gc} = 1.5 * (0.08/2 + 0.982 + 0.500) =$ <u>2.283 kNm</u>

2.2.3.3 Souffle des trains

Effets aérodynamiques du passage d'un train à pleine vitesse selon SN EN 1991-2 :2003, art.6.6.2 :

- $v_{max} = 140$ km/h
- $a_g = 2.5$ m
- $q_k = 0.4$ kN/m²
- $k_1 = 0.85$
- $\Phi_3 = 2.16 / (L_\Phi{}^{½} - 0.2) + 0.73 = 2.16 / (1.875^{½} - 0.2) + 0.73 = 2.58$
- Coefficient dynamique : $1.00 \leq \Phi_3 \leq 2.00 \rightarrow \Phi_3 = 2.00$

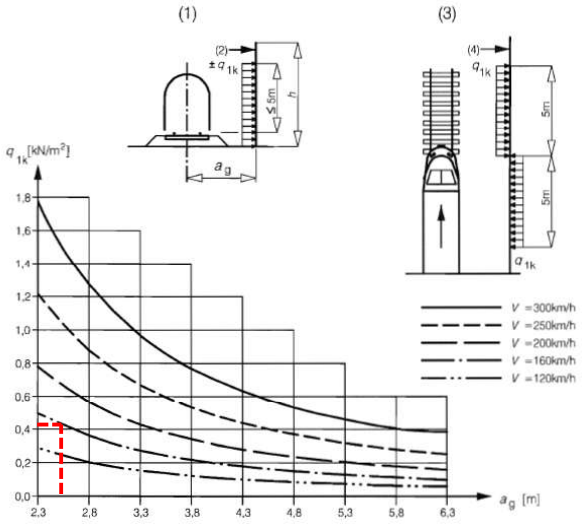


Figure 5 : schéma de souffle des trains – source : SN EN 1991-2 :2003

- $q_{1d} = 0.4 * 2 * 0.85 = 0.68$ kN/m²
- $a_{ref,grille} = (0.582+0.04-0.125-0.01)*1*50\% = 0.244$ m²/m
- $F_{grille} = 0.244 * 0.68 = 0.166$ kN/m
- $h_{grille} = (0.08/2) + 0.982 – (0.124+0.415)/2 = 0.753$ m
- $M_{grille} = 0.166 * 0.753 = 0.125$ kNm/m
- $a_{ref,Ø38} = 0.038*1 = 0.038$ m²/m
- $F_{Ø38} = 0.038 * 0.68 = 0.026$ kN/m
- $h_{Ø38} = (0.08/2) + 0.982 = 1.022$ m
- $M_{Ø38} = 0.026 * 1.022 = 0.027$ kNm/m
- $a_{ref,Ø51} = 0.051*1 = 0.051$ m²/m
- $F_{Ø51} = 0.051 * 0.68 = 0.035$ kN/m
- $h_{Ø51} = (0.08/2) + 0.982 + 0.500 = 1.522$ m
- $M_{Ø51} = 0.035 * 1.522 = 0.053$ kNm/m
- $F_{k,sf} = (0.166 + 0.026 + 0.035) * 1.875 =$ <u>0.258 kN</u>
- $M_{k,sf} = (0.125 + 0.027 + 0.053) * 1.875 =$ <u>0.205 kNm</u>

2.2.3.4 Charges dues au trafic ferroviaire

Etant donné que les bordures et les fondations isolées sont situées en dehors du cône d'influence, les charges dues au trafic ferroviaire n'y ont pas d'influence et sont donc négligées.

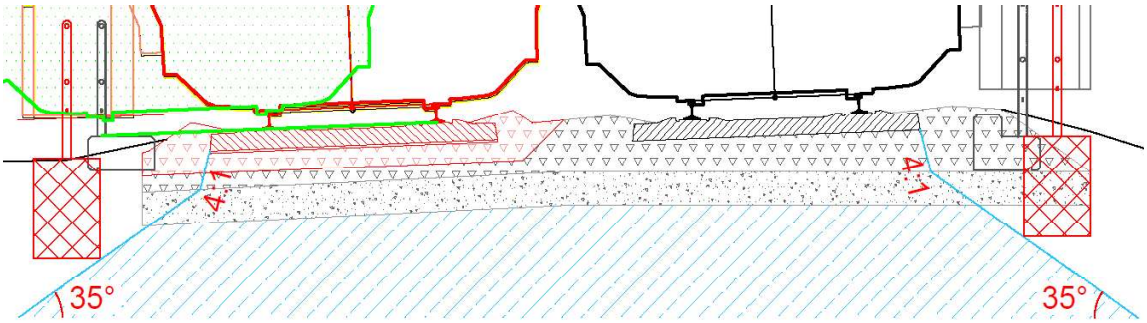


Figure 6 : cône d'influence pour les charges ferroviaires – source : dessin d'auteur

2.2.3.5 Forces dues au démarrage et au freinage

Voir 2.2.3.4, négligées.

2.2.3.6 Force de lacet

Voir 2.2.3.4, négligées.

2.2.3.7 Force centrifuge

Voir 2.2.3.4, négligées.

2.2.3.8 Groupes d'actions

Voir 2.2.3.4, aucune action est considérée.

2.2.3.9 Excentricité des charges et répartition des charges par les rails, les traverses et le ballast

Voir 2.2.3.4, répartition 4:1 dans le ballast et φ'_k=35° dans le sol (angle de frottement)

2.2.3.10 Coefficient dynamique

Voir 2.2.3.3.

2.2.3.11 Fatigue

Non déterminant.

2.2.3.12 Rassemblement de personne

Un rassemblement des personnes est considéré à 4 kN/m^2 selon la norme SIA 261 § 9.2.2

2.2.3.13 Neige

A une altitude de 412m, la charge caractéristique de la neige, selon la SIA 261 § 5.2.6 vaut :

$q_{k,n} = s_k = [1 + (h_0/350)^2]\ 0.4 = [1 + (412/350)^2]\ 0.4 = 0.95$ kN/m^2

2.2.4 Actions accidentelles

2.2.4.1 Séisme

Les garde-corps sont généralement considérés comme des éléments non structuraux, et les forces sismiques sont principalement considérées pour les éléments porteurs essentiels à la stabilité de l'ensemble de la structure selon la norme SIA 261. Cependant, il subsiste un risque de chute d'objets potentiel en cas de défaillance de l'assemblage ou de l'ancrage du garde-corps sur des personnes ou des véhicules.

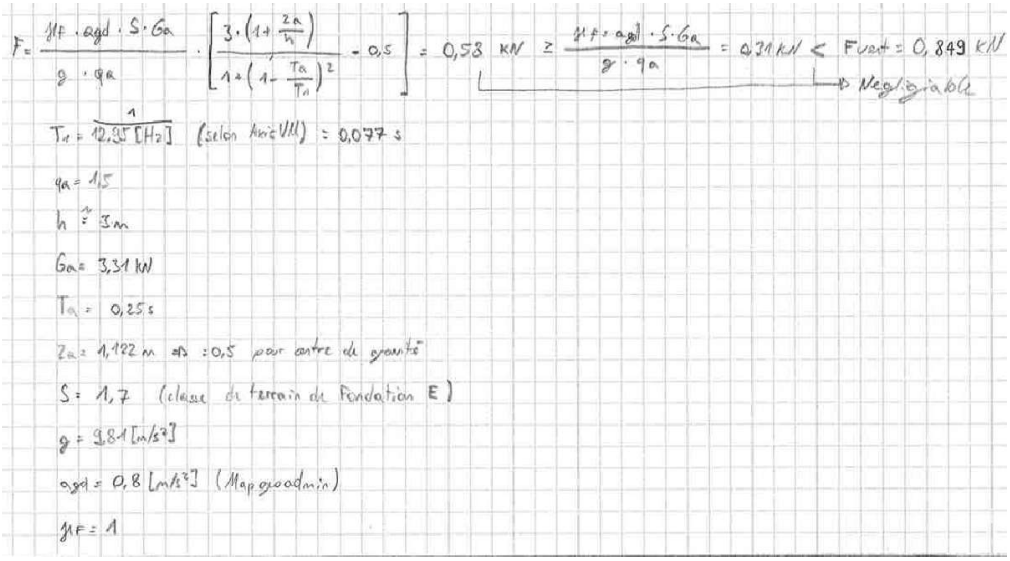


Figure 7 : vérification sismique du grade-corps

2.2.4.2 Choc

Dans le cas où l'ensemble bordure-muret mesure plus de 10 mètres, il est alors nécessaire de considérer la force liée à un choc de véhicule. Dans le cas présent, l'ensemble mesure 8 mètres et il n'y a donc pas lieu de considérer les forces dues au choc.

2.2.4.3 Déraillement

En cas de déraillement d'un convoi, la structure du garde-corps sera impactée (voir image ci-dessous). Le garde-corps n'est cependant pas dimensionné au choc et rompra lors de l'impact.

Lorsque la liaison (l'ancrage) entre les fondations et le garde-corps aura cédé, les fondations enterrées suivront le comportement du talus.

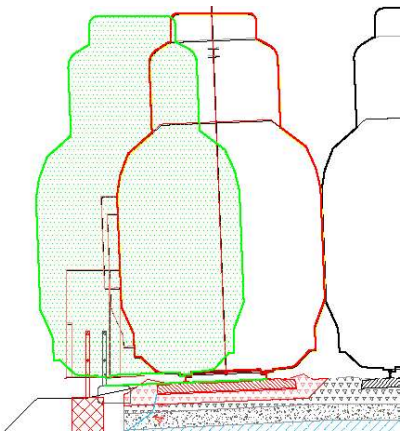


Figure 8 : déraillement contre le garde-corps – source : dessin d'auteur

2.3 Hypothèses

2.3.1 Matériaux

- Béton : BCP 300 (tablier et bordures existantes) et C30/37 (fondation)
- Acier d'armature : B500B
- Acier du garde-corps : S235

2.3.2 Dimensions

Les dimensions de l'ouvrage sont données dans le plan d'objet, pièce PAP n°12.101.01.

2.4 Données

2.4.1 Propriétés des matériaux

2.4.1.1 Tablier et bordures existantes

Béton :

Chantier : Passage inf. de la Gordanne **Elément de construction :** dalle sous-voies
Entreprise : Imhof
Références : N/at V/ o/d'essai du 13 juin 1966
Indications du commettant :
Ciment : Marque : Eclépens Dosage kg./m³ : 300
Adjonctions : **Teneur en air :**
Agrégats : Provenance : Chiavazza Granulométrie : 0-30
Eau l./m³ : C/E :
Date de fabrication : 10 juin 1966 **Consistance :**
Age des éprouvettes : jours 28 **Conservation :**
Indications du Laboratoire :
Date de réception : 15 juin 1966 **Type et dimensions des éprouvettes :** cubes de 20 cm
Date des essais : 8 juillet 1966 prismes de 12/12/36 cm
Conservation : eau à 18° dès réception **Mode d'apprêtage :** spécial instantané pour no 1411-7863-64

Marque de l'éprouvette Votre	Marque de l'éprouvette Notre	Densité apparente cp./dm³	FLEXION W cm³	FLEXION Portée cm.	FLEXION Charge rupture t.	FLEXION Résistance à la traction kg./cm²	COMPRESSION Section cm²	COMPRESSION Charge de rupture	COMPRESSION Résist. à la compression kg./cm²	
10.6										
G 5	1410	2,39					400	129	323	
6	11	2,39					400	138	345	
			Scléromètre							
	1410		27,4							
	11		30,5							
---	7863	2,39	288	28,8	2,26	57	144	47,0	45,5	326	316
	64	2,39	288	28,8	2,19	55	144	48,0	46,5	333	323
			Scléromètre							
	7863		30,9							
	64		31,3							

$f_{cm,28} = 33,2\,[MPa]$

$f_{cm}(t) = f_{cm,28} \cdot 0,41[(\log\cdot(365\cdot(2025-1966))) + 1] = 72,6\,[MPa]$

$f_{ck,act} = f_{cm}(t) - 8\,[N/mm^2] = 64,6\,[MPa]$

$f_{cd,act} = \frac{\eta_{ct}\cdot\eta_t}{\gamma_c}\cdot f_{ck,act} = 28,3\,[MPa]$ avec $\eta_{ct} = \left(\frac{30}{f_{ck,act}}\right)^{1/3} = 0,77 \leq 1$

$\eta_t = 0,85$

$\gamma_c = 1,5$

$\tau_{cd,act} = \frac{0,3\cdot\eta_t\cdot\sqrt{f_{ck,act}}}{\gamma_c} = 1,37\,[MPa]$

Figure 9 : actualisation des résistances du béton – source : SIA 269/2, tab. 7 et essais sur béton frais réalisés lors de la construction de l'ouvrage

La résistance du béton en place, actualisée selon la SIA 269/2, équivaut à la classe de résistance C50/60 de la norme SIA 262, selon tableau ci-dessous. Il conviendra toutefois dans les phases ultérieures de s'assurer qu'aucun signe de détérioration n'est apparu dans le béton.

Béton	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60	C .../...
f_{cd} [N/mm²]	8,0	10,5	13,5	16,5	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	éq. (2)
τ_{cd} [N/mm²]	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,25	1,35	1,40	éq. (3)
ε_{c1d} [–]	0,002									
ε_{c2d} [–]	0,003									

Figure 10 : résistances des bétons – source : SIA 262, tab. 8

Acier d'armature passive :

Aucune indication ne fait mention de la nuance d'acier utilisée d'armature passive utilisée sur les plans d'archive. La nuance II b avec une limite d'écoulement de f_{sd}=300 N/mm² est retenue comme valeur d'examen.

Norme SIA	Nuance d'acier *Produit*	Classe de ductilité	Valeurs moyennes		Valeurs caractéristiques (fractile 5%)			Valeurs d'examen	
			f_{sm} [N/mm²]	f_{tm} [N/mm²]	f_{sk} [N/mm²]	f_{tk} [N/mm²]	ε_{uk} [N/mm²]	f_{sd} [N/mm²]	ε_{ud} [‰]
162 (1956)	I	B			235	355		205	
	II a	B	440–530	530	345	410		300	
	Acier Caron	C	440–530	680					
	II b	B	440	610	345	510		300	

Figure 11 : actualisation des résistances de l'acier d'armature passive – source : SIA 269/2, tab. 8

2.4.1.2 Fondations isolées

Propriétés de l'acier									
Classe acier	f_{sk}	γ_s	f_{sd} $f_{sd} = f_{sk}/\gamma_s$	k_s	f_{tk} $f_{tk} = k_s \times f_{sk}$	E_{sm}	E_s $E_s = E_{sm}/\gamma_{sE}$	ε_{uk}	v
[-]	[MPa]	[-]	[MPa]	[-]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]	[-]
B500B	500.0	1.15	434.8	1.1	540.0	205000.0	205000.0	5.0	0.2

Propriétés du béton										
Classe béton	f_{ck}	$f_{ck,cube}$	γ_c	f_{cd} $f_{cd} = \eta_{fc} \times \eta_t \times f_{ck}/\gamma_c$	τ_{cd} $\tau_{cd} = 0.3 \times \eta_t \times f_{ck}^{1/2}/\gamma_c$	$f_{cm(28j)}$ $f_{cm(28j)} = f_{ck} + 8$	f_{cm} $f_{cm} = f_{cm(28j)} \times (f_{cm(t)}/f_{cm(28j)})$ ou $f_{cm(t)}$	f_{ctm} $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq$ C50/60 | f_{ctm} = 2.12xln(1+(f_{cm}/10)) > C50/60	E_{cm} $E_{cm} = K_E \times f_{cm}^{1/3}$	E_c $E_c = E_{cm}/\gamma_{cE}$
[-]	[MPa]	[MPa]	[-]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
C30/37	30.0	37.0	1.5	20.0	1.1	38.0	38.0	2.9	33000.0	33000.0

Figure 12 : propriétés des matériaux

2.4.1.3 Garde-corps

Acier S235

2.4.2 Propriétés du sol

Couche de sol	**Poids volumique**	**Cohésion**	**Angle de frottement**	**Module de comp. Chargement initail**	**Module de comp. Rechargement**	**Remarques**
	γ_{Ek} [kN/m^3]	**c'_k [kPa]**	**φ'_k [°]**	**M_{Ek} [MPa]**	**$M_{E'k}$ [MPa]**	
Terrain naturel Gravier	23.4	0	35	--	--	

Figure 13 : propriété du sol

2.4.3 Combinaisons de charges

Les combinaisons de charges sont données dans la base de projet.

2.5 Aptitude au service

2.5.1 ELS fissuration

2.5.1.1 Armatures minimales des fondations isolées

- Exigences accrues : w_{nom} = 0.5 mm
- $\sigma_{s,adm} \geq f_{sd}$ jusqu'à armature de diamètre 14 mm
- $A_{s,min} = M_{fiss}/(z\ f_{sd}) = 85.1 * 10^3 / (486 * 435) = 402.5$ mm^2
- $A_s = 4Ø12 = 452$ mm^2 > $A_{s,min} = 402.5$ mm^2 → OK
- $k_t = 1/(1+0.5\ h/3) = 1/(1 + 0.5 * 0.6/3) = 0.91$
- $f_{ctm} = 2.6$ N/mm^2 = 2'600 kN/m^2
- $f_{ctd} = k_t\ f_{ctm} = 0.91 * 2'600 = 2'363.6$ kN/m^2
- $M_{fiss} = b\ h^2/6\ f_{ctd} = 0.6 * 0.6^2/6 * 2'363.6 = 85.1$ kNm
- $z = 0.9\ d = 0.9 * (0.6 – 0.055 – 0.006) = 0.485$ m
- $\sigma_{s,adm} = (9\ E_s\ f_{ctm}\ w_{nom}/Ø_s)^{0.5} = (9 * 205'000 * 2.6 * 0.5/12)^{0.5} =$ 447 N/mm^2 > $f_{sd} = 435$ N/mm^2 → OK

2.5.2 ELS Aptitude au service

2.5.2.1 Déformations du garde-corps

Néant.

2.5.3 ELS Aspect

Néant.

2.6 Sécurité structurale

2.6.1 ELU type 1

2.6.1.1 Renversement de la fondation isolée

Cas de charge déterminant : E1G

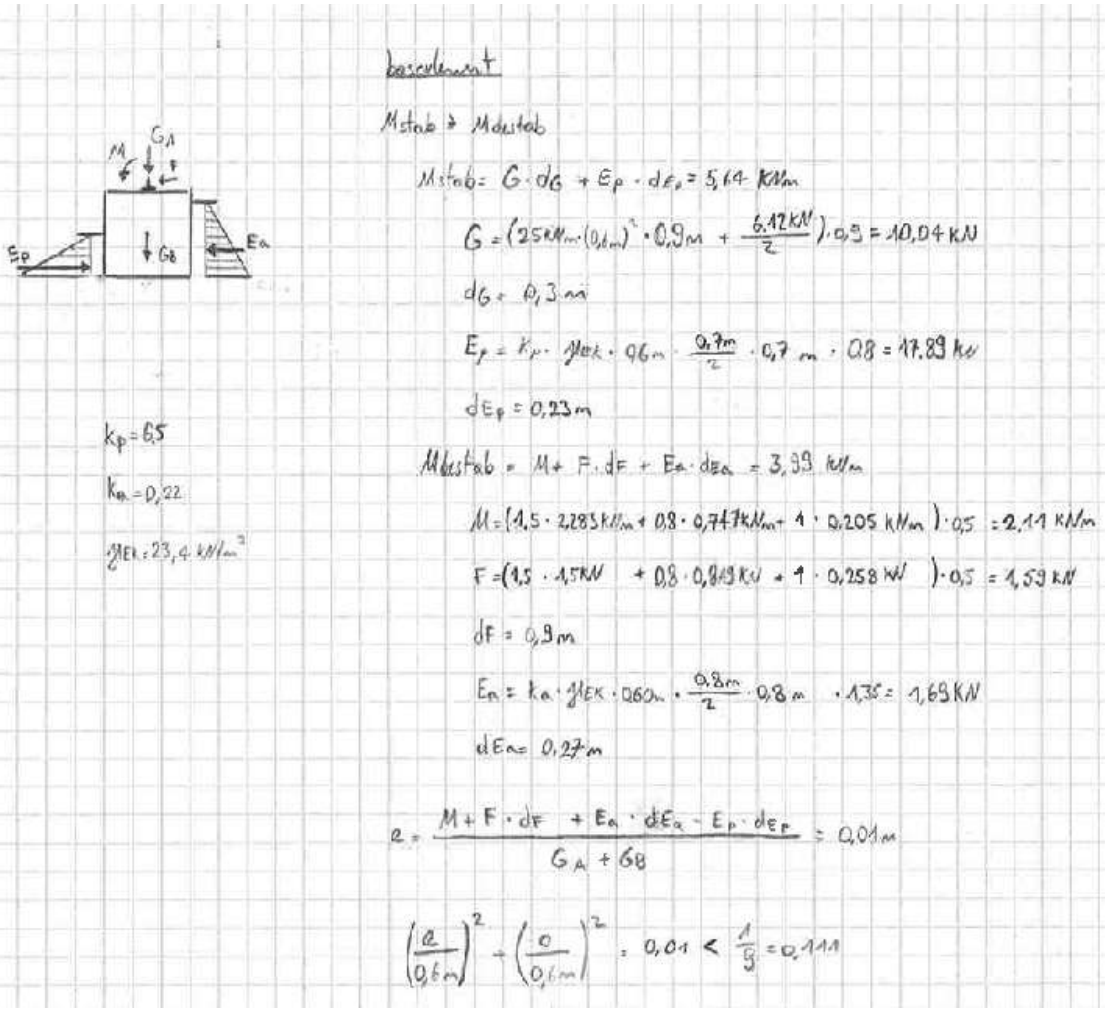


Figure 14 : vérification basculement

Le valeurs K_{ah} et K_{ph}, (voir figure 3) sont calcules selon SIA 261, annexe B, fig. 20 et fig. 21 respectivement

2.6.2 ELU type 2 interne

2.6.2.1 Structure du garde-corps

Les sections proposées sont conformes au dessin n°00.107-30, Garde-corps type IU-LS – protection contre la projection de ballast, CFF SA, 2004, révisé le 22.05.2023.

2.6.2.2 Assemblage

Cas de charge déterminant : E2G

Pour un poteau rectangulaire d'épaisseur t = 30 mm et selon la SIA 263 art. 6.3.6.4 : a_{min} = 6 mm

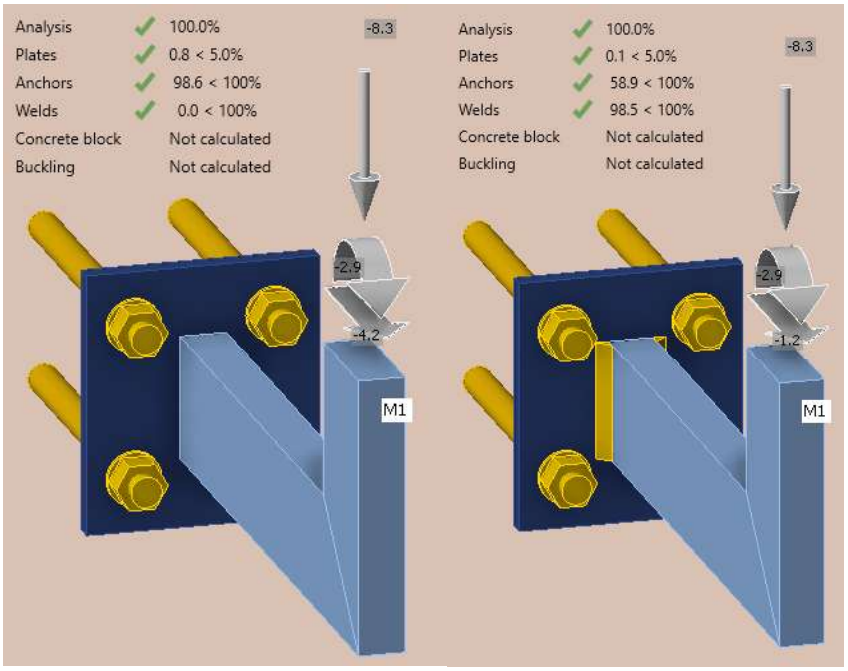


Figure 15 : modèle de l'assemblage sur IDEAStatiCa entièrement soudé et à moment réduit

L'assemblage a été modélisé sur IDEAStaiCa afin de vérifier la plaque (rapport en annexe 1).

Le dimensionnement a tout d'abord été effectué avec une soudure sur la totalité du pourtour du profilé (image de gauche ci-dessus), puis une autre réitération du calcul a été établie en considérant les soudures seulement sur les bords verticaux du profilé (image de droite ci-dessus) à titre de vérification.

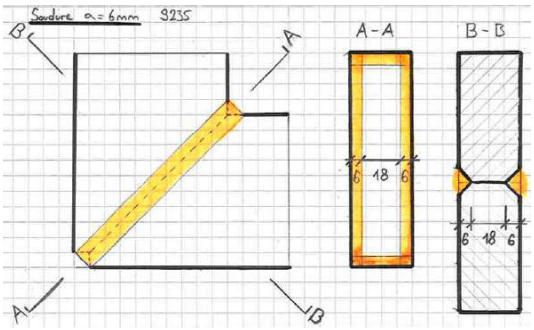


Figure 16 : soudure d'angle

La différence entre les moments résistants obtenus avec les deux simulations est de 3 kNm, soit à valeur égale à la résistance des soudures manquantes. A noter que les limites du logiciel sont atteintes en considérant une soudure complète. Or, la résistance des soudures manquantes vaut bien :

M_{Rd} = 6 [mm] * $2^{0.5}$ * 30 [mm] * 0.188 [kN/mm^2] * 0.08 [m] / 1.25 = 3 kNm

La soudure entre le montant horizontal et vertical recouvre tout le tour de la tranche des profilés. La longueur de la soudure est plus longue et le moment marginalement plus faible que pour la soudure contre la plaque, la situation y est donc moins défavorable.

La vérification des tiges d'ancrage est effectuée avec le programme Hilti : HILTI PROFIS et prend en compte le scellement chimique.

2.6.2.3 Ancrage

Cas de charge déterminant : E2G

La vérification de l'ancrage du béton est effectuée à l'aide du programme de calcul HILTI PROFIS. Le dimensionnement (annexe 2) a été réalisé itérativement avec une longueur d'ancrage de 130 puis de 140 mm (valeur retenue), des tiges M20 de classe 5.8, et une épaisseur de plaque de 12 mm.

Le type de scellement de tige recommandé et utilisé est *HIT-HY 200-A V3 + HAS-U*

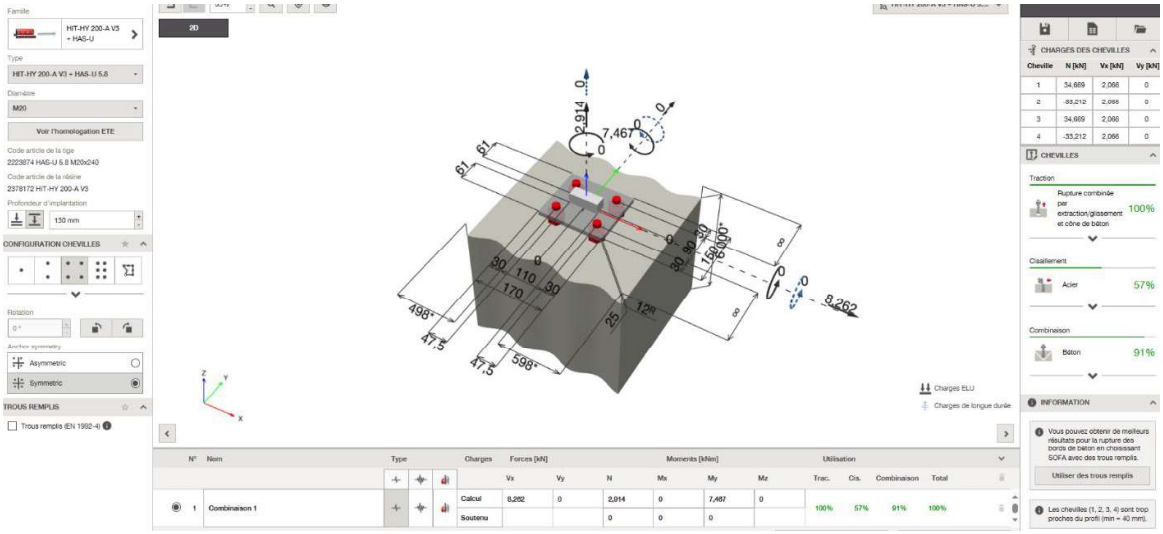


Figure 17 : vérification assemblage avec HILTI Profis

2.6.2.4 Fondations isolées

Cas de charge déterminant : E2G

L'armature est dimensionnée pour reprendre les efforts de flexion et de cisaillement à l'état limite ultime :

- M_{Ed} = 4.02 kNm
- V_{Ed} = 2.91 kN

Résistance à la flexion :

- A_s = 4Ø12 = 452 mm^2
- $x_{pl} = A_s f_{sd}/(b f_{cd})$ = 452 * 435 / (600 * 20) = 16.4 mm
- $z = d – x_{pl}/2$ = (600 – 55 – 6) – 16.4 / 2 = 530.4 mm
- $M_{Rd} = A_s f_{sd} z$ = 452 * 435 * 530.4 = 104 kNm

Résistance au cisaillement :

- s = 150 mm ≤ s_{max} = d/2 = (600 – 55 – 6) / 2 = 270 mm → OK
- $Ø_{sw}$ = 8 mm ≥ $Ø_{sw,min}$ = s/25 = 150 / 25 = 6 mm → OK
- A_{sw} = Ø8s150 = 100 mm^2
- $\rho_w = A_{sw}/(s\ b)$ = 100 / (150 * 600) = 1.1‰ > $\rho_{w,min}$ = 1‰ $(f_{ck}/30)^{0.5}$ 500/f_{sk} = 1‰ → OK
- α = 45°
- $z = d – x_{pl}/2$ = (600 – 55 – 6) – 16.4 / 2 = 530.4 mm
- $V_{Rd,s} = A_{sw} f_{sd} z \cot(\alpha)/s$ = 100 * 435 * 530.4 * cot(45°) / 150 = 217 kN
- k_c = 0.55
- $V_{Rd,c} = k_c f_{cd} b z \cos(\alpha) \sin(\alpha)$ = 0.55 * 20 * 600 * 0.53 * cos(45°) * sin(45°) = 1'750 kN

2.6.3 ELU type 2 externe

2.6.3.1 Glissement de la fondation

Cas de charge déterminant : E2G

$$E_{T,d} = -E_p + E_a + F < 0 \Rightarrow \text{pas de glissement}$$

Figure 18 : vérification glissement

2.6.4 ELU type 3

2.6.4.1 Instabilité générale du massif de sol

Cas de charge déterminant : E3G

Charges ponctuelles (permanentes)

H [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]	Bras lev. H [m]	Bras lev. V [m]	$M_{moteurs}$ [kNm/m]	$M_{résistant}$ [kNm/m]
-1.45	4.15	2.10	-7.20	6.30	18.54	34.49

Influence des ouvrages

Poids [kN/m]	Bras lev. [m]	ϕ [degré]	ϑ [degré]	$M_{moteurs}$ [kNm/m]	$M_{résistant}$ [kNm/m]
7.20	6.30	30.26	37.08	32.17	45.36

Actions E_d = 769.07 kN
Résistances R_d = 803.26 kN

E_d/R_d = 0.96 < 1.0 ***** Vérificationsatisfaite *****

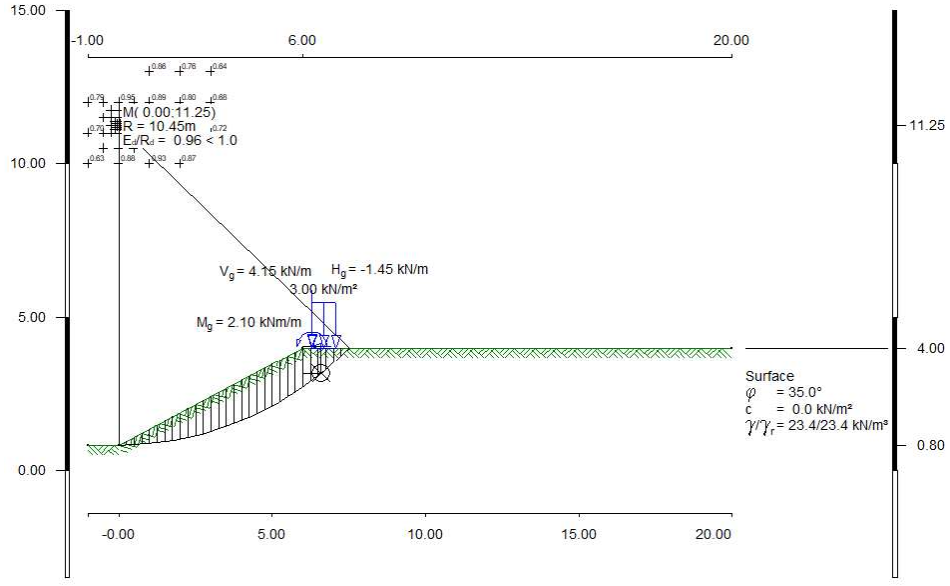


Figure 19 : vérification stabilité générale ave DC-talus

3 Conclusion

Le dimensionnement des garde-corps, intégrant les efforts de vent, de souffle de trains et de charges variables, garantit un niveau de résistance adéquat, tandis que les fondations isolées ont été calculées pour fournir un appui stable aux éléments structuraux. Les vérifications menées confirment que les matériaux et sections choisis respectent les critères de sécurité et de déformation imposés.

En conclusion, les garde-corps et fondations isolées du pont PI de la Gordanne répondent aux exigences de sécurité et de performance structurelle, assurant ainsi une pérennité optimale de l'ouvrage.

4 Signatures

4.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33)

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne



Lausanne, le 3 juillet 2025

Annexe 1

Rapport IDEAStatiCa assemblage

sd ingénierie lausanne sa (2025)

Dimensionnement de l'assemblage

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Project data

Project name	145022_Garde-corps_Ancrage beton existant
Project number	1
Author	GR
Description	Assemblage de l'ancrage dans le beton existant
Date	12/11/2024
Code	EN

Material

Steel	S 235, S 355
Concrete	C25/30, C50/60

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Project item CON1

Design

Name	CON1
Description	
Analysis	Stress, strain/ loads in equilibrium

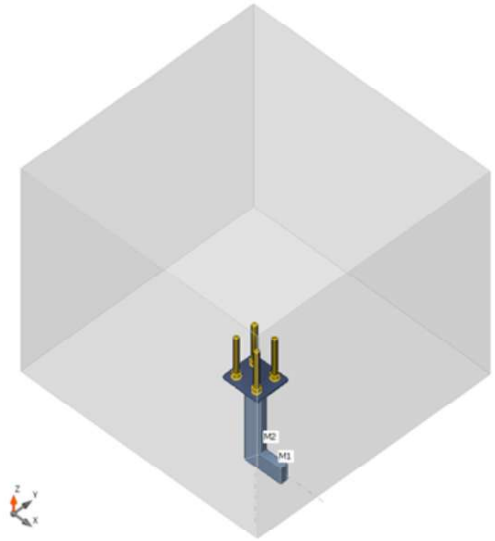
Members

Geometry

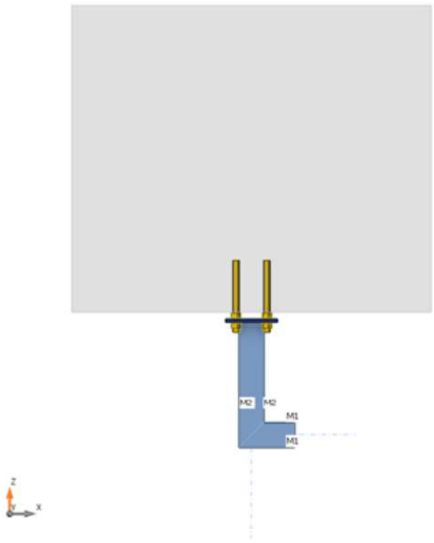
Name	Cross-section	β – Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]
M1	2 - Platine 30, 80	0.0	0.0	90.0	-40	-367	0
M2	2 - Platine 30, 80	0.0	-90.0	90.0	0	0	0

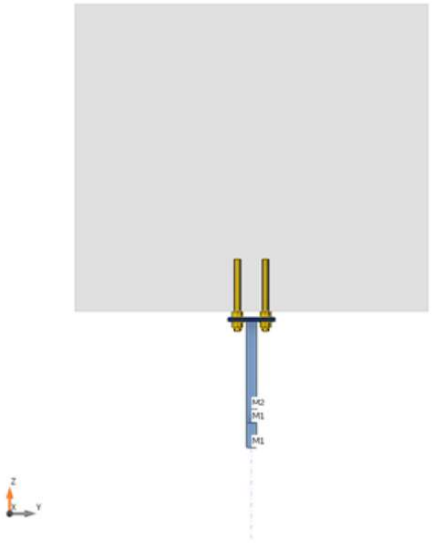
Supports and forces

Name	Support	Forces in	X [mm]
M1 / end		Node	0
M2 / end		Node	0



Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**





Cross-sections

Name	Material
2 - Platine 30, 80	S 235

Project: 145022_Garde-corps_Ancrage beton existant
Project no: 1
Author: GR

Anchors

Name	Diameter [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	Gross area [mm^2]
M20 10.9	20	900.0	1000.0	314

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1 / End	-8.3	-2.9	0.0	0.0	0.0	-4.2
	M2 / End	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Unbalanced forces

Name	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	-8.3	0.0	-2.9	0.0	7.1	0.0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	1170 x 1150	mm
Depth	1000	mm
Anchor	M20 10.9	
Anchoring length	170	mm
Shear force transfer	Anchors	
Gap	22	mm

Check

Summary

Name	Value	Check status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.8 < 5.0%	OK
Anchors	98.6 < 100%	OK
Welds	0.0 < 100%	OK
Concrete block	Not calculated	
Buckling	88.78	

Plates

Name	t_p [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ε_{PI} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
M1-bfl 1	30.0	LE1	213.1	0.0	0.0	OK
M2-bfl 1	30.0	LE1	225.5	0.8	0.0	OK
BP1	12.0	LE1	225.5	0.8	0.0	OK

Design data

Material	f_y [MPa]	ε_{lim} [%]
S 235	235.0	5.0

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Detailed result for M1-bfl 1

Design values used in the analysis

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} =$ 223.8 MPa

Where:

$f_{yk} =$ 235.0 MPa – characteristic yield strength

$\gamma_{M0} = 1.05$ – partial safety factor for steel material EN 1993-1-1 – 6.1

Detailed result for M2-bfl 1

Design values used in the analysis

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} =$ 223.8 MPa

Where:

$f_{yk} =$ 235.0 MPa – characteristic yield strength

$\gamma_{M0} = 1.05$ – partial safety factor for steel material EN 1993-1-1 – 6.1

Detailed result for BP1

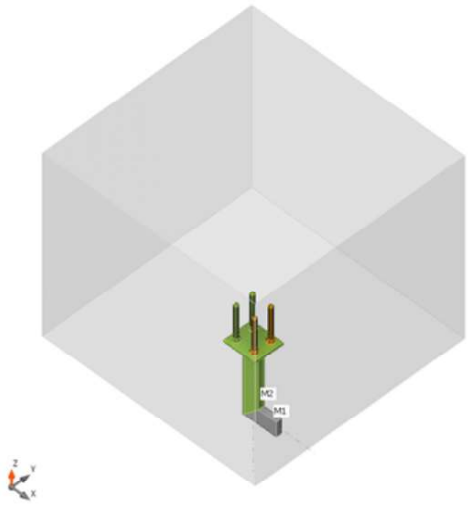
Design values used in the analysis

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} =$ 223.8 MPa

Where:

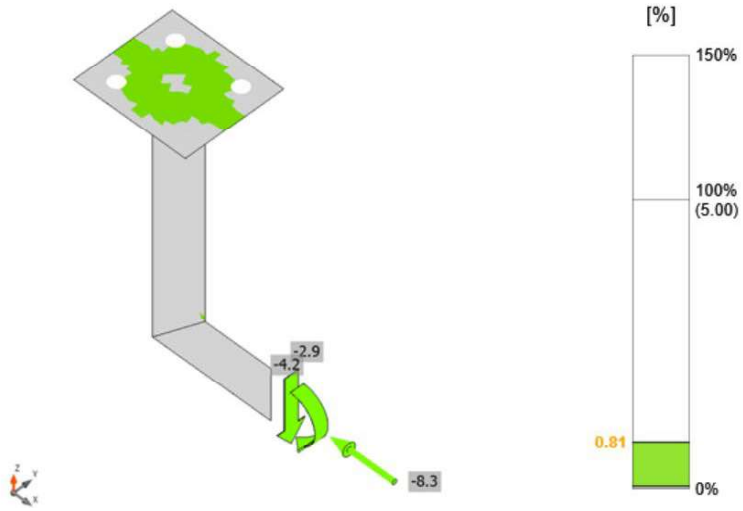
$f_{yk} =$ 235.0 MPa – characteristic yield strength

$\gamma_{M0} = 1.05$ – partial safety factor for steel material EN 1993-1-1 – 6.1

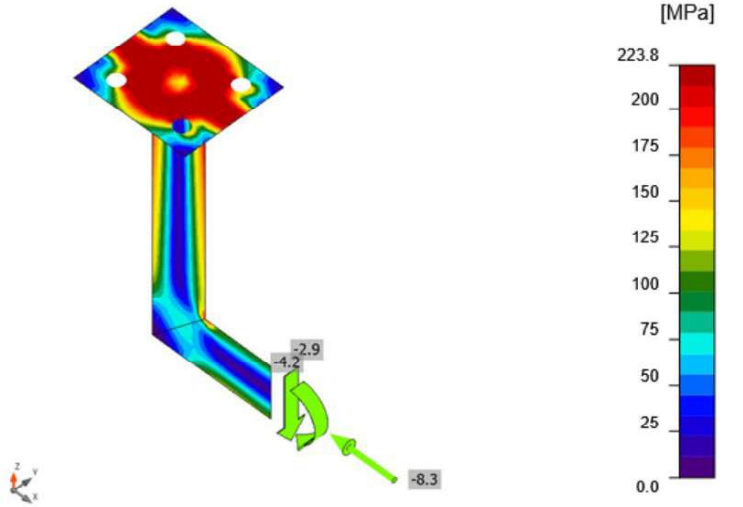


Overall check, LE1

Project: 145022_Garde-corps_Ancrage beton existant
Project no: 1
Author: GR



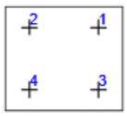
Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Anchors in tension

Shape	Item	Loads	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	$N_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	Ut_t [%]	Ut_s [%]	$Ut_{ts,s}$ [%]	$Ut_{ts,c}$ [%]	Detailing	Status
	A1	LE1	38.8	11.5	0.4	78.9	0.0	226.4	98.6	13.4	70.2	98.6	OK	OK
	A3	LE1	38.9	11.5	0.4	78.9	0.0	226.4	98.6	13.4	70.2	98.6	OK	OK

Design data

Grade	$F_{t,Rd}$ [kN]	$V_{pl,Rd}$ [kN]	$M_{pl,Rd}$ [kNm]
M20 10.9 - 1	149.9	86.0	1.0

Detailed result for A1

Following checks of anchors loaded in tension are not provided and should be checked using information in relevant European Technical Product Specification:

- *Pull-out failure of fastener (for post-installed mechanical anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.5*
- *Combined pull-out and concrete failure (for post-installed bonded anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.6*
- *Concrete splitting failure - EN 1992-4 – 7.2.1.7*

Concrete blow-out failure is provided only for anchors with washer plates.

Stand-off anchor tensile resistance (EN 1993-1-8 – 3.6.1)

$$F'_{t,Rd} = \frac{c \cdot k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \quad 149.9 \text{ kN} \quad \geq \quad F_t = \quad 38.8 \text{ kN}$$

Where:

$c = 0.85$ – reduction factor for cut thread

$k_2 = 0.90$ – factor from Table 3.4 in EN1993-1-8

$f_{ub} = 1000.0$ MPa – specified ultimate strength of anchor steel

$A_s = 245$ mm^2 – tensile stress area

$\gamma_{M2} = 1.25$ – safety factor

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Concrete breakout resistance of anchor in tension (EN 1992-4 – 7.2.1.4)

The check is performed for group of anchors that form common tension breakout cone: A1, A3

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} =$ 78.9 kN ≥ $N_{Ed,g} =$ 77.8 kN

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 142.0 kN

Where:

$N_{Ed,g} =$ 77.8 kN – sum of tension forces of anchors with common concrete breakout cone area

$N^0_{Rk,c} =$ 120.7 kN – characteristic strength of a fastener, remote from the effects of adjacent fasteners or edges of the concrete member

- $N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h_{ef}^{1.5}$, where:
  - $k_1 =$ 7.70 – parameter accounting for anchor type and concrete condition
  - $f'_c =$ 50.0 MPa – concrete compressive strength
  - $h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1.5}, \frac{s_{max}}{3})) =$ 170 mm – depth of embedment, where:
    - $h_{emb} =$ 170 mm – anchor length embedded in concrete
    - $c_{a,max} =$ 535 mm – maximum distance from the anchor to one of the three closest edges
    - $s_{max} =$ 90 mm – maximum spacing between anchors

$A_{c,N} =$ 306000 mm^2 – concrete breakout cone area for group of anchors

$A^0_{c,N} =$ 260100 mm^2 – concrete breakout cone area for single anchor not influenced by edges

- $A^0_{c,N} = (3 \cdot h_{ef})^2$, where:
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\psi_{s,N} =$ 1.00 – parameter related to the distribution of stresses in the concrete due to the proximity of the fastener to an edge of the concrete member:

- $\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{1.5 \cdot h_{ef}} \leq 1$, where:
  - $c =$ 530 mm – minimum distance from the anchor to the edge
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\psi_{re,N} =$ 1.00 – parameter accounting for the shell spalling:

- $\psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1$, where:
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\psi_{ec,N} =$ 1.00 – modification factor for anchor groups loaded eccentrically in tension:

- $\psi_{ec,N} = \psi_{ecx,N} \cdot \psi_{ecy,N}$, where:
  - $\psi_{ecx,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 1.00 – modification factor that depends on eccentricity in x-direction
  - $e_{x,N} =$ 0 mm – tension load eccentricity in x-direction
  - $\psi_{ecy,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 1.00 – modification factor that depends on eccentricity in y-direction
  - $e_{y,N} =$ 0 mm – tension load eccentricity in y-direction
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\gamma_{Mc} =$ 1.80 – safety factor for concrete

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Stand-off anchor shear resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.6)

$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_u/\sqrt{3}}{\gamma_{M2}} =$ 86.0 kN ≥ $F_v =$ 11.5 kN

Where:

$A_v =$ 207 mm^2 – shear area

- $A_v = 0.844 \cdot A_s$, where:
  - $A_s =$ 245 mm^2 – anchor area reduced by thread

$f_y =$ 900.0 MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} =$ 1.25 – safety factor

Concrete pryout resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.4)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} =$ 226.4 kN ≥ $V_{Ed,g} =$ 8.3 kN

$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} =$ 339.6 kN

Where:

$k_8 =$ 2.00 – factor taking into account fastener embedment depth

$N_{Rk,c} =$ 169.8 kN – characteristic concrete cone failure of a fastener or a group of fasteners; all anchors are assumed to be in tension

$\gamma_{Mc} =$ 1.50 – safety factor for concrete

Stand-off anchor bending resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.5)

$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} =$ 1.0 kNm ≥ $M =$ 0.4 kNm

Where:

$W_{pl} =$ 1333 mm^3 – plastic section modulus of the fastener

- $W_{pl} = \frac{d_s^3}{6}$, where:
  - $d_s =$ 18 mm – diameter reduced by thread

$f_y =$ 900.0 MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} =$ 1.25 – safety factor

Interaction of loading

$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} =$ 0.70 ≤ 1.0

Where:

$N_{Ed} =$ 38.8 kN – design tension force

$F_{t,Rd} =$ 149.9 kN – design tensile resistance

$M_{Ed} =$ 0.4 kNm – design bending moment

$M_{pl,Rd} =$ 1.0 kNm – design bending resistance

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Interaction of tensile and shear forces in concrete (EN 1992-4 – Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right)^{1.5} = \quad 0.99 \quad \leq \quad 1.0$$

Where:

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}$	– the largest utilization value for tension failure modes
$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}$	– the largest utilization value for shear failure modes
$\frac{N_{Ed,g}}{N_{Rd,c}} = 98\%$	– concrete breakout failure of anchor in tension
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 0\%$	– concrete pullout failure
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\%$	– concrete blowout failure
$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\%$	– concrete edge failure
$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 3\%$	– concrete pryout failure

Detailed result for A3

Following checks of anchors loaded in tension are not provided and should be checked using information in relevant European Technical Product Specification:

- *Pull-out failure of fastener (for post-installed mechanical anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.5*
- *Combined pull-out and concrete failure (for post-installed bonded anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.6*
- *Concrete splitting failure - EN 1992-4 – 7.2.1.7*

Concrete blow-out failure is provided only for anchors with washer plates.

Stand-off anchor tensile resistance (EN 1993-1-8 – 3.6.1)

$$F_{t,Rd} = \frac{c \cdot k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \quad 149.9 \quad \text{kN} \quad \geq \quad F_t = \quad 38.9 \quad \text{kN}$$

Where:

$c = 0.85$	– reduction factor for cut thread
$k_2 = 0.90$	– factor from Table 3.4 in EN1993-1-8
$f_{ub} = 1000.0$ MPa	– specified ultimate strength of anchor steel
$A_s = 245$ mm^2	– tensile stress area
$\gamma_{M2} = 1.25$	– safety factor

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Concrete breakout resistance of anchor in tension (EN 1992-4 – 7.2.1.4)

The check is performed for group of anchors that form common tension breakout cone: A1, A3

$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} =$ 78.9 kN ≥ $N_{Ed,g} =$ 77.8 kN

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} =$ 142.0 kN

Where:

$N_{Ed,g} =$ 77.8 kN – sum of tension forces of anchors with common concrete breakout cone area

$N^0_{Rk,c} =$ 120.7 kN – characteristic strength of a fastener, remote from the effects of adjacent fasteners or edges of the concrete member

- $N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot h_{ef}^{1.5}$, where:
  - $k_1 =$ 7.70 – parameter accounting for anchor type and concrete condition
  - $f'_c =$ 50.0 MPa – concrete compressive strength
  - $h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1.5}, \frac{s_{max}}{3})) =$ 170 mm – depth of embedment, where:
    - $h_{emb} =$ 170 mm – anchor length embedded in concrete
    - $c_{a,max} =$ 535 mm – maximum distance from the anchor to one of the three closest edges
    - $s_{max} =$ 90 mm – maximum spacing between anchors

$A_{c,N} =$ 306000 mm^2 – concrete breakout cone area for group of anchors

$A^0_{c,N} =$ 260100 mm^2 – concrete breakout cone area for single anchor not influenced by edges

- $A^0_{c,N} = (3 \cdot h_{ef})^2$, where:
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\psi_{s,N} =$ 1.00 – parameter related to the distribution of stresses in the concrete due to the proximity of the fastener to an edge of the concrete member:

- $\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{1.5 \cdot h_{ef}} \leq 1$, where:
  - $c =$ 530 mm – minimum distance from the anchor to the edge
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\psi_{re,N} =$ 1.00 – parameter accounting for the shell spalling:

- $\psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1$, where:
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\psi_{ec,N} =$ 1.00 – modification factor for anchor groups loaded eccentrically in tension:

- $\psi_{ec,N} = \psi_{ecx,N} \cdot \psi_{ecy,N}$, where:
  - $\psi_{ecx,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 1.00 – modification factor that depends on eccentricity in x-direction
  - $e_{x,N} =$ 0 mm – tension load eccentricity in x-direction
  - $\psi_{ecy,N} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$ 1.00 – modification factor that depends on eccentricity in y-direction
  - $e_{y,N} =$ 0 mm – tension load eccentricity in y-direction
  - $h_{ef} =$ 170 mm – depth of embedment

$\gamma_{Mc} =$ 1.80 – safety factor for concrete

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Stand-off anchor shear resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.6)

$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_u/\sqrt{3}}{\gamma_{M2}} =$ 86.0 kN ≥ $F_v =$ 11.5 kN

Where:

$A_v = 207$ mm^2 – shear area

- $A_v = 0.844 \cdot A_s$, where:
  - $A_s =$ 245 mm^2 – anchor area reduced by thread

$f_y = 900.0$ MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} = 1.25$ – safety factor

Concrete pryout resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.4)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} =$ 226.4 kN ≥ $V_{Ed,g} =$ 8.3 kN

$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} =$ 339.6 kN

Where:

$k_8 = 2.00$ – factor taking into account fastener embedment depth

$N_{Rk,c} = 169.8$ kN – characteristic concrete cone failure of a fastener or a group of fasteners; all anchors are assumed to be in tension

$\gamma_{Mc} = 1.50$ – safety factor for concrete

Stand-off anchor bending resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.5)

$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} =$ 1.0 kNm ≥ $M =$ 0.4 kNm

Where:

$W_{pl} = 1333$ mm^3 – plastic section modulus of the fastener

- $W_{pl} = \frac{d_s^3}{6}$, where:
  - $d_s =$ 18 mm – diameter reduced by thread

$f_y = 900.0$ MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} = 1.25$ – safety factor

Interaction of loading

$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} =$ 0.70 ≤ 1.0

Where:

$N_{Ed} = 38.9$ kN – design tension force

$F_{t,Rd} = 149.9$ kN – design tensile resistance

$M_{Ed} = 0.4$ kNm – design bending moment

$M_{pl,Rd} = 1.0$ kNm – design bending resistance

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Interaction of tensile and shear forces in concrete (EN 1992-4 – Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right)^{1.5} = 0.99 \leq 1.0$$

Where:

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}$ – the largest utilization value for tension failure modes

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}$ – the largest utilization value for shear failure modes

$\frac{N_{Ed,g}}{N_{Rd,c}} = 98\%$ – concrete breakout failure of anchor in tension

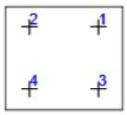
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 0\%$ – concrete pullout failure

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\%$ – concrete blowout failure

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\%$ – concrete edge failure

$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 3\%$ – concrete pryout failure

Anchors in compression

Shape	Item	Loads	F_c [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	Ut_s [%]	$Ut_{ts,s}$ [%]	Detailing	Status
	A2	LE1	-37.4	11.2	0.4	98.7	226.4	13.0	65.2	OK	OK
	A4	LE1	-37.4	11.1	0.4	98.7	226.4	13.0	65.2	OK	OK

Design data

Grade	$F_{c,Rd}$ [kN]	$V_{pl,Rd}$ [kN]	$M_{pl,Rd}$ [kNm]
M20 10.9 - 1	162.1	86.0	1.0

Detailed result for A2

Following checks of anchors loaded in tension are not provided and should be checked using information in relevant European Technical Product Specification:

- *Pull-out failure of fastener (for post-installed mechanical anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.5*
- *Combined pull-out and concrete failure (for post-installed bonded anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.6*
- *Concrete splitting failure - EN 1992-4 – 7.2.1.7*

Concrete blow-out failure is provided only for anchors with washer plates.

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Stand-off anchor compressive resistance (EN 1993-1-1 – 6.3)

$F_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A_s \cdot f_y}{\gamma_{M2}} =$ 162.1 kN ≥ $F_c =$ 37.4 kN

Where:

$\chi = \min\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \overline{\lambda}^2}}, 1\right) = 0.92$ – buckling reduction factor

$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\overline{\lambda} - 0.2\right) + \overline{\lambda}^2\right] = 0.60$ – value to determine buckling reduction factor

$\alpha = 0.49$ – imperfection factor

$\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{A_s \cdot f_y}{N_{cr}}} = 0.36$ – relative slenderness

$A_s =$ 245 mm^2 – anchor area reduced by thread

$\mathbb{N}_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} =$ 1714.0 kN – Euler's critical force

$E =$ 210000.0 MPa – elastic modulus

$I =$ 4777 mm^4 – moment of inertia of the bolt

- $I = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64}$, where:
  - $d_s =$ 18 mm – diameter reduced by thread

$L_{cr} =$ 76 mm – buckling length (is it assumed on a safe side that the bolt is fixed in the concrete and able to freely rotate at the base plate)

- $L_{cr} = 2 \cdot l$, where:
  - $l =$ 38 mm – effective length

$f_y =$ 900.0 MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} =$ 1.25 – safety factor

Stand-off anchor shear resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.6)

$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M2}} =$ 86.0 kN ≥ $F_v =$ 11.2 kN

Where:

$A_v =$ 207 mm^2 – shear area

- $A_v = 0.844 \cdot A_s$, where:
  - $A_s =$ 245 mm^2 – anchor area reduced by thread

$f_y =$ 900.0 MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} =$ 1.25 – safety factor

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Concrete edge failure resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.5)

The check is performed for group of anchors that form shear breakout cones: A2, A4

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} =$ 98.7 kN ≥ $V_{Ed,g} =$ 8.3 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 148.0 kN

Where:

$V_{Ed,g} =$ 8.3 kN – sum of shear forces of anchors on common base plate

$V^0_{Rk,c} =$ 229.8 kN – initial value of the characteristic shear strength of the fastener

- $V^0_{Rk,c} = k_9 \cdot d_{nom}^{\alpha} \cdot l_f^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1.5}$, where:
  - $k_9 =$ 1.70 – parameter accounting for the state of the concrete
  - $d_{nom} =$ 20 mm – anchor diameter
  - $\alpha = 0.1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0.5} =$ 0.06 – factor
  - $l_f = \min(h_{ef}, 12 \cdot d) =$ 170 mm – parameter related to the length of the fastener, where:
    - $h_{ef} =$ 170 mm – anchor length embedded in concrete
    - $d_{nom} =$ 20 mm – anchor diameter
  - $\beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0.2} =$ 0.05 – factor
  - $f_{ck} =$ 50.0 MPa – concrete compressive strength
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$A_{c,V} =$ 923678 mm² – actual area of idealised concrete break-out body

$A^0_{c,V} =$ 1288013 mm² – reference projected area of failure cone

- $A^0_{c,V} = 4.5 \cdot c_1^2$, where:
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{s,V} =$ 0.90 – parameter related to the distribution of stresses in the concrete due to the proximity of the fastener to an edge of the concrete member:

- $\psi_{s,V} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5 \cdot c_1} \leq 1$, where:
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading
  - $c_2 =$ 530 mm – edge distance of fastener perpendicular to direction 1 that is the smallest edge distance in a narrow member with multiple edge distances

$\psi_{h,V} =$ 1.00 – modification factor for anchors located in a shallow concrete member:

- $\psi_{h,V} = \left(\frac{1.5 \cdot c_1}{h}\right)^{0.5} \geq 1$, where:
  - $h =$ 1000 mm – concrete member thickness
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{ec,V} =$ 1.00 – modification factor for anchor groups loaded eccentrically in shear:

- $\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_V}{3 \cdot c_1}} \leq 1$, where:
  - $e_V =$ 0 mm – shear load eccentricity
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{\alpha,V} =$ 1.00 – modification factor for anchors loaded at an angle with the concrete edge

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

- $\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0.5 \cdot \sin \alpha_V)^2}} \geq 1$, where:
  - $\alpha_V =$ 0.0 ° – angle between the applied load to the fastener or fastener group and the direction perpendicular to the free edge under consideration

$\psi_{re,V} = 1.00$ – parameter accounting for the shell spalling effect, no edge reinforcement or stirrups are assumed

$\gamma_{Mc} = 1.50$ – safety factor for concrete

Concrete pryout resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.4)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} =$ 226.4 kN ≥ $V_{Ed,g} =$ 8.3 kN

$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} =$ 339.6 kN

Where:

$k_8 = 2.00$ – factor taking into account fastener embedment depth

$N_{Rk,c} = 169.8$ kN – characteristic concrete cone failure of a fastener or a group of fasteners; all anchors are assumed to be in tension

$\gamma_{Mc} = 1.50$ – safety factor for concrete

Stand-off anchor bending resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.5)

$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} =$ 1.0 kNm ≥ $M =$ 0.4 kNm

Where:

$W_{pl} = 1333$ mm^3 – plastic section modulus of the fastener

- $W_{pl} = \frac{d_s^3}{6}$, where:
  - $d_s =$ 18 mm – diameter reduced by thread

$f_y = 900.0$ MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} = 1.25$ – safety factor

Interaction of loading

$\frac{F_c}{F_{c,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} =$ 0.65 ≤ 1.0

Where:

$F_c = 37.4$ kN – design compression force

$F_{c,Rd} = 162.1$ kN – design compression resistance

$M_{Ed} = 0.4$ kNm – design bending moment

$M_{pl,Rd} = 1.0$ kNm – design bending resistance

Detailed result for A4

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Following checks of anchors loaded in tension are not provided and should be checked using information in relevant European Technical Product Specification:

- *Pull-out failure of fastener (for post-installed mechanical anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.5*
- *Combined pull-out and concrete failure (for post-installed bonded anchors) - EN 1992-4 – 7.2.1.6*
- *Concrete splitting failure - EN 1992-4 – 7.2.1.7*

Concrete blow-out failure is provided only for anchors with washer plates.

Stand-off anchor compressive resistance (EN 1993-1-1 – 6.3)

$F_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A_s \cdot f_y}{\gamma_{M2}} =$ 162.1 kN ≥ $F_c =$ 37.4 kN

Where:

$\chi = \min\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \overline{\lambda}^2}}, 1\right) = 0.92$ – buckling reduction factor

$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\overline{\lambda} - 0.2\right) + \overline{\lambda}^2\right] = 0.60$ – value to determine buckling reduction factor

$\alpha = 0.49$ – imperfection factor

$\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{A_s \cdot f_y}{N_{cr}}} = 0.36$ – relative slenderness

$A_s = 245$ mm^2 – anchor area reduced by thread

$\mathbb{N}_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = 1714.0$ kN – Euler's critical force

$E = 210000.0$ MPa – elastic modulus

$I = 4777$ mm^4 – moment of inertia of the bolt

- $I = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64}$, where:
  - $d_s =$ 18 mm – diameter reduced by thread

$L_{cr} = 76$ mm – buckling length (is it assumed on a safe side that the bolt is fixed in the concrete and able to freely rotate at the base plate)

- $L_{cr} = 2 \cdot l$, where:
  - $l =$ 38 mm – effective length

$f_y = 900.0$ MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} = 1.25$ – safety factor

Stand-off anchor shear resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.6)

$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M2}} =$ 86.0 kN ≥ $F_v =$ 11.1 kN

Where:

$A_v = 207$ mm^2 – shear area

- $A_v = 0.844 \cdot A_s$, where:
  - $A_s =$ 245 mm^2 – anchor area reduced by thread

$f_y = 900.0$ MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} = 1.25$ – safety factor

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Concrete edge failure resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.5)

The check is performed for group of anchors that form shear breakout cones: A2, A4

$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} =$ 98.7 kN ≥ $V_{Ed,g} =$ 8.3 kN

$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} =$ 148.0 kN

Where:

$V_{Ed,g} =$ 8.3 kN – sum of shear forces of anchors on common base plate

$V^0_{Rk,c} =$ 229.8 kN – initial value of the characteristic shear strength of the fastener

- $V^0_{Rk,c} = k_9 \cdot d_{nom}^{\alpha} \cdot l_f^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1.5}$, where:
  - $k_9 =$ 1.70 – parameter accounting for the state of the concrete
  - $d_{nom} =$ 20 mm – anchor diameter
  - $\alpha = 0.1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0.5} =$ 0.06 – factor
  - $l_f = \min(h_{ef}, 12 \cdot d) =$ 170 mm – parameter related to the length of the fastener, where:
    - $h_{ef} =$ 170 mm – anchor length embedded in concrete
    - $d_{nom} =$ 20 mm – anchor diameter
  - $\beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0.2} =$ 0.05 – factor
  - $f_{ck} =$ 50.0 MPa – concrete compressive strength
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$A_{c,V} =$ 923678 mm² – actual area of idealised concrete break-out body

$A^0_{c,V} =$ 1288013 mm² – reference projected area of failure cone

- $A^0_{c,V} = 4.5 \cdot c_1^2$, where:
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{s,V} =$ 0.90 – parameter related to the distribution of stresses in the concrete due to the proximity of the fastener to an edge of the concrete member:

- $\psi_{s,V} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5 \cdot c_1} \leq 1$, where:
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading
  - $c_2 =$ 530 mm – edge distance of fastener perpendicular to direction 1 that is the smallest edge distance in a narrow member with multiple edge distances

$\psi_{h,V} =$ 1.00 – modification factor for anchors located in a shallow concrete member:

- $\psi_{h,V} = \left(\frac{1.5 \cdot c_1}{h}\right)^{0.5} \geq 1$, where:
  - $h =$ 1000 mm – concrete member thickness
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{ec,V} =$ 1.00 – modification factor for anchor groups loaded eccentrically in shear:

- $\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_V}{3 \cdot c_1}} \leq 1$, where:
  - $e_V =$ 0 mm – shear load eccentricity
  - $c_1 =$ 535 mm – edge distance of fastener in direction 1 towards the edge in the direction of loading

$\psi_{\alpha,V} =$ 1.00 – modification factor for anchors loaded at an angle with the concrete edge

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

- $\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0.5 \cdot \sin \alpha_V)^2}} \geq 1$, where:
  - $\alpha_V =$ 0.0 ° – angle between the applied load to the fastener or fastener group and the direction perpendicular to the free edge under consideration

$\psi_{re,V} =$ 1.00 – parameter accounting for the shell spalling effect, no edge reinforcement or stirrups are assumed

$\gamma_{Mc} =$ 1.50 – safety factor for concrete

Concrete pryout resistance (EN 1992-4 – 7.2.2.4)

The check is performed for group of anchors on common base plate

$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} =$ 226.4 kN ≥ $V_{Ed,g} =$ 8.3 kN

$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} =$ 339.6 kN

Where:

$k_8 =$ 2.00 – factor taking into account fastener embedment depth

$N_{Rk,c} =$ 169.8 kN – characteristic concrete cone failure of a fastener or a group of fasteners; all anchors are assumed to be in tension

$\gamma_{Mc} =$ 1.50 – safety factor for concrete

Stand-off anchor bending resistance (EN 1993-1-1 – 6.2.5)

$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} =$ 1.0 kNm ≥ $M =$ 0.4 kNm

Where:

$W_{pl} =$ 1333 mm^3 – plastic section modulus of the fastener

- $W_{pl} = \frac{d_s^3}{6}$, where:
  - $d_s =$ 18 mm – diameter reduced by thread

$f_y =$ 900.0 MPa – anchor yield strength

$\gamma_{M2} =$ 1.25 – safety factor

Interaction of loading

$\frac{F_c}{F_{c,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} =$ 0.65 ≤ 1.0

Where:

$F_c =$ 37.4 kN – design compression force

$F_{c,Rd} =$ 162.1 kN – design compression resistance

$M_{Ed} =$ 0.4 kNm – design bending moment

$M_{pl,Rd} =$ 1.0 kNm – design bending resistance

Welds

Item	Edge	T_w [mm]	L [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ε_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	Ut_c [%]	Detailing	Status
M2-bfl 1	M1-bfl 1	-	113	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK
BP1	M2-bfl 1	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK

Project: 145022_Garde-corps_Ancrage beton existant
Project no: 1
Author: GR

Design data

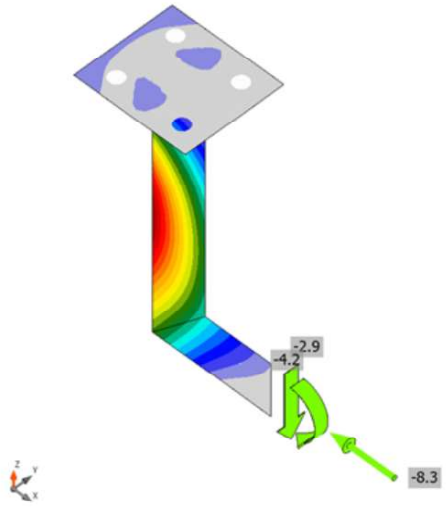
Material	f_u [MPa]	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 235	0.0	-	-	-

Detailed result for M2-bfl 1 / M1-bfl 1

Butt welds are not checked. Their resistance is assumed to be the same as that of the welded member.

Buckling

Loads	Shape	Factor [-]
LE1	1	88.78
	2	112.63
	3	156.27
	4	179.59
	5	191.91
	6	234.52

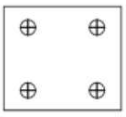


First buckling mode shape, LE1

Project:	**145022_Garde-corps_Ancrage beton existant**
Project no:	**1**
Author:	**GR**

Bill of material

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
BP1	P12.0x170-150 (S 235)		1	Butt: 30.0	80	M20 10.9	4

Symbol explanation

Butt weld	plate thickness

Welds

Type	Material	Effective throat [mm]	Length [mm]
Butt	S 235	30.0	193

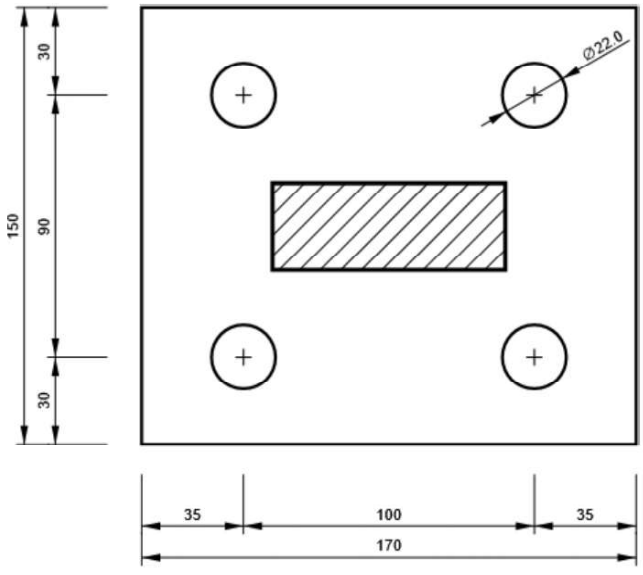
Anchors

Name	Length [mm]	Drill length [mm]	Count
M20 10.9	204	170	4

Drawing

BP1

P12.0x150-170 (S 235)



Project: 145022_Garde-corps_Ancrage beton existant
Project no: 1
Author: GR

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
Safety factor γ_{M0}	1.05	-	EN 1993-1-1 – 6.1
Safety factor γ_{M1}	1.05	-	EN 1993-1-1 – 6.1
Safety factor γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1 – 6.1
Safety factor γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8 – Table 2.1
Safety factor γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1 – 2.4.2.4
Safety factor γ_{Inst}	1.20	-	EN 1992-4 – Table 4.1
Joint coefficient βj	0.67	-	EN 1993-1-8 – 6.2.5(7)
Effective area - influence of mesh size	0.10	-	
Friction coefficient - concrete	0.25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0.30	-	EN 1993-1-8 – Table 3.7
Limit plastic strain	0.05	-	EN 1993-1-5
Detailing	Yes		
Distance between bolts [d0]	2.20	-	EN 1993-1-8 – Table 3.3
Distance between bolts and edge [d0]	1.20	-	EN 1993-1-8 – Table 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		
Use calculated αb in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8 – Table 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	Yes		
Local deformation limit	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 – 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8 – 5.2.2.5

Annexe 2

Rapport HILTI PROFIS ancrage

sd ingénierie lausanne sa (2025)

Dimensionnement des tiges d'ancrage

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	1
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

Commentaires du spécificateur:

1 Données d'entrée

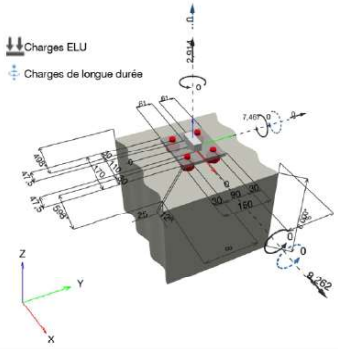




Type et diamètre de la cheville:	**HIT-HY 200-A V3 + HAS-U 5.8 M20**
Période de retour (durée de vie en années):	50
Code d'article:	2223874 HAS-U 5.8 M20x240 (accessoire de pose) / 2378172 HIT-HY 200-A V3 (Scellement chimique)
Specification text:	Hilti HAS-U 5.8 tige filetée with HIT-HY 200-A V3 Résine with 130 mm embedment hef, M20, Acier électrozingué, Hollow drill bit (with automatic cleaning) installation per ETA 19/0601,
Profondeur d'implantation effective:	$h_{ef,act}$ = 130,0 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Matériau:	5.8
Homologation:	ETA 19/0601
Délivré I Validité:	29.01.2024 | -
Méthode de calcul:	SOFA basé sur EN 1992-4, chimique
Montage avec écartement:	sans encastrement (cheville); niveau d'encastrement (platine): 1,00; e_b = 25,0 mm; t = 12,0 mm
Platine[R]:	l_x x l_y x t = 170,0 mm x 150,0 mm x 12,0 mm; (Epaisseur de platine recommandée: non calculé)
Profil:	Barre plate, 75x28; (L x W x T) = 75,0 mm x 28,0 mm
Matériau de base:	Béton fissuré béton, C50/60, $f_{c,cyl}$ = 50,00 N/mm²; h =6 000,0 mm, Temp. court/long: 40/20 °C, coefficient de sécurité du matériau partiel γ_c = 1,500
Installation:	**trou percé et nettoyé automatiquement, condition d'installation: sec**
Renforcement:	Pas de renforcement ou distance entre armatures>= 150 mm (tous Ø) ou >= 100 mm (Ø <= 10 mm)
	Pas de renforcement de bord longitudinal
	Présence de renforcement pour contrôler la rupture par fendage selon EN 1992-4, 7.2.1.7 (2) b) 2)

[R] - Le calcul de la cheville est réalisé avec l'hypothèse d'une platine rigide.

Géométrie [mm] & Charges [kN, kNm]



Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

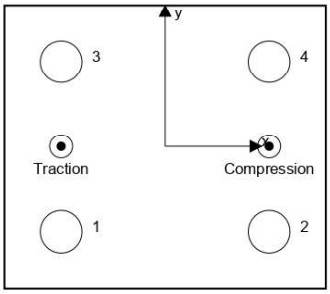
www.hilti.ch

Société:		Page:	2
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	I	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

1.1 Combinaison de charges

Cas	Description	Forces [kN] / Moment [kNm]	Sismique	Feu	Util. max. Cheville [%]
1	Combinaison 1	N = 2,914; V_x = 8,262; V_y = 0,000; M_x = 0,000; M_y = 7,467; M_z = 0,000; N_{sus} = 0,000; $M_{x,sus}$ = 0,000; $M_{y,sus}$ = 0,000;	non	non	100

2 Cas de charges/Charges résultantes sur les chevilles



Réactions des chevilles [kN]
Traction: (+ Traction, -Compression)

Cheville	Traction	Cisaillement	Cisaillement x	Cisaillement y
1	34,669	2,066	2,066	0,000
2	-33,212	2,066	2,066	0,000
3	34,669	2,066	2,066	0,000
4	-33,212	2,066	2,066	0,000

Max. concrete compressive strain:	- [‰]
Max. concrete compressive stress:	- [N/mm²]
Resulting tension force in (x/y)=(-55,0/0,0):	69,339 [kN]
Resulting compression force in (x/y)=(55,0/0,0):	66,425 [kN]

Les forces sur les chevilles sont calculées avec l'hypothèse d'une platine rigide.

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	3
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

3 Traction (EN 1992-4, § 7.2.1)

	Charge [kN]	Capacité [kN]	Utilisation β_N [%]	Statut
Rupture acier*	34,669	81,667	43	OK
Rupture combinée par extraction/glissement et cône de béton**	69,339	69,779	100	OK
Rupture par cône de béton**	69,339	95,082	73	OK
Rupture par fendage**	NA	NA	NA	NA

* cheville la plus défavorable ** groupe de chevilles (chevilles en traction)

3.1 Rupture acier

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$$ EN 1992-4, Tableau 7.1

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
122,500	1,500	81,667	34,669

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	4
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

3.2 Rupture combinée par extraction/glissement et cône de béton

$N_{Ed} \le N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$		EN 1992-4, Tableau 7.1
$N_{Rk,p}$	$= N^0_{Rk,p} \cdot \frac{A_{p,N}}{A^0_{p,N}} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np}$	EN 1992-4, Éq. (7.13)
$N^0_{Rk,p}$	$= \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef}$	EN 1992-4, Éq. (7.14)
ψ_{sus}	$= 1$	EN 1992-4, Éq. (7.14a)
$s_{cr,Np}$	$= 7{,}3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \le 3 \cdot h_{ef}$	EN 1992-4, Éq. (7.15)
$\psi_{g,Np}$	$= \psi^0_{g,Np} \cdot \left(\frac{s}{s_{cr,Np}}\right)^{0,5} \cdot \left(\psi^0_{g,Np} - 1\right) \ge 1{,}00$	EN 1992-4, Éq. (7.17)
$\psi^0_{g,Np}$	$= \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}}\right)^{1,5} \ge 1{,}00$	EN 1992-4, Éq. (7.18)
$\tau_{Rk,c}$	$= \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}}$	EN 1992-4, Éq. (7.19)
$\psi_{s,Np}$	$= 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \le 1{,}00$	EN 1992-4, Éq. (7.20)
$\psi_{ec1,Np}$	$= \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \le 1{,}00$	EN 1992-4, Éq. (7.21)
$\psi_{ec2,Np}$	$= \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \le 1{,}00$	EN 1992-4, Éq. (7.21)

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,20}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm²]
187 200	152 100	18,00	390,0	195,0	498,0	50,00

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm²]	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1,096	10,41	7,700	9,88	1,000	1,000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000

ψ^0_{sus}	α_{sus}	ψ_{sus}
0,800	0,000	1,000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
85,043	104,669	1,500	69,779	69,339

Groupe ID cheville
1, 3

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	5
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

3.3 Rupture par cône de béton

$$N_{Ed} \le N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$$ EN 1992-4, Tableau 7.1

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ EN 1992-4, Éq. (7.1)

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5}$$ EN 1992-4, Éq. (7.2)

$$A^0_{c,N} = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$$ EN 1992-4, Éq. (7.3)

$$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \le 1,00$$ EN 1992-4, Éq. (7.4)

$$\Psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1,00$$ EN 1992-4, Éq. (7.6)

$$\Psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1,00$$ EN 1992-4, Éq. (7.6)

$$\Psi_{M,N} = 2,0 - \frac{z}{1,5 \cdot h_{ef}} \ge 1,00$$ EN 1992-4, Éq. (7.7)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm²]
187 200	152 100	195,0	390,0	50,00

$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	z [mm]
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	110,0

$\Psi_{M,N}$	k_1	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
1,436	7,700	80,703	1,500	95,082	69,339

Groupe ID cheville
1, 3

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	6
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

4 Cisaillement (EN 1992-4, § 7.2.2)

	Charge [kN]	Capacité [kN]	Utilisation β_V [%]	Statut
Rupture acier (sans bras de levier)*	2,066	58,800	4	OK
Rupture acier (avec bras de levier)*	2,066	3,644	57	OK
Rupture par effet de levier**	8,262	169,790	5	OK
Rupture béton en bord de dalle en direction x+**	8,262	94,164	9	OK

* cheville la plus défavorable ** groupe de chevilles (chevilles pertinentes)
When the input edge distance is set to "infinity", edge breakout verification is not performed in that direction

4.1 Rupture acier (sans bras de levier)

$V_{Ed} \le V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$ EN 1992-4, Tableau 7.2

$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V^0_{Rk,s}$ EN 1992-4, Éq. (7.35)

$V^0_{Rk,s}$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
73,500	1,000	73,500	1,250	58,800	2,066

4.2 Rupture acier (avec bras de levier)

$V_{Ed} \le V_{Rd,s,M} = \frac{V_{Rk,s,M}}{\gamma_{Ms}}$ EN 1992-4, Tableau 7.2

$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a}$ EN 1992-4, Éq. 7.37

$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right)$ EN 1992-4, Éq. 7.38

$l_a = e_c + \frac{t}{2} + a_3$ EN 1992-4, Éq. 6.2

l [mm]	α_M
41,0	1,00

$N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$1 - N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$M^0_{Rk,s}$ [kNm]	$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} (1 - N_{Ed}/ N_{Rd,s})$ [kNm]
0,425	0,575	0,325	0,187

$V^M_{Rk,s} = \alpha_M * M_{Rk,s} / l$ [kN]	γ_{Ms}	$V^M_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
4,555	1,250	3,644	2,066

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	7
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

4.3 Rupture par effet de levier (cône de béton)

$V_{Ed} \le V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,p}}$		EN 1992-4, Tableau 7.2
$V_{Rk,cp}$	$= k_8 \cdot \min\{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\}$	EN 1992-4, Éq. (7.39c)
$N_{Rk,c}$	$= N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N} \cdot \Psi_{M,N}$	EN 1992-4, Éq. (7.1)
$N^0_{Rk,c}$	$= k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5}$	EN 1992-4, Éq. (7.2)
$A^0_{c,N}$	$= s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$	EN 1992-4, Éq. (7.3)
$\Psi_{s,N}$	$= 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \le 1,00$	EN 1992-4, Éq. (7.4)
$\Psi_{ec1,N}$	$= \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,1}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1,00$	EN 1992-4, Éq. (7.6)
$\Psi_{ec2,N}$	$= \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,2}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1,00$	EN 1992-4, Éq. (7.6)
$\Psi_{M,N}$	$= 1$	EN 1992-4, Éq. (7.7)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_8	$f_{c,cyl}$ [N/mm²]	
240 000	152 100	195,0	390,0	2,000	50,00	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	$\Psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	1,000
k_1	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
7,700	80,703	1,500	169,790	8,262		

Groupe ID cheville
1-4

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	8
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

4.4 Rupture béton en bord de dalle en direction x+

$V_{Ed} \le V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$ — EN 1992-4, Tableau 7.2

$V_{Rk,c} = k_T \cdot \psi_{b,u} \cdot V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V}$ — EN 1992-4, Éq. (7.40)

$\psi_{b,u} = \frac{1}{\alpha_{b,u}} = \frac{1}{1 + \frac{C}{\frac{3}{4}} \cdot \frac{l_a}{\alpha_M}}$ — Hilti Method for anchor design in ungrouted stand-off connections, Hilti, 2023

$V^0_{Rk,c} = k_9 \cdot d^{\alpha}_{nom} \cdot l_f^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5}$ — EN 1992-4, Éq. (7.41)

$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0,5}$ — EN 1992-4, Éq. (7.42)

$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2}$ — EN 1992-4, Éq. (7.43)

$A^0_{c,V} = 4,5 \ c_1^2$ — EN 1992-4, Éq. (7.44)

$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \le 1,00$ — EN 1992-4, Éq. (7.45)

$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h}\right)^{0,5} \ge 1,00$ — EN 1992-4, Éq. (7.46)

$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_V}{3 \cdot c_1}\right)} \le 1,00$ — EN 1992-4, Éq. (7.47)

$\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0,5 \ \sin \alpha_V)^2}} \ge 1,00$ — EN 1992-4, Éq. (7.48)

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_9	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm²]	c_1 [mm]
130,0	20,00	1,700	0,047	0,051	50,00	598,0

$\psi_{b,u}$	C [$\frac{1}{mm^{0,25}}$]	d [mm]	l_a [mm]	α_M
0,520	0,213	20,0	41,0	1,000

$A_{c,V}$ [mm²]	$A^0_{c,V}$ [mm²]	$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$
1689948	1609218	1,000	1,000	0,0	1,000

α_V [°]	$\psi_{\alpha,V}$	$\psi_{re,V}$
0,00	1,000	1,000

$V^0_{Rk,c}$ [kN]	k_T	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
258,695	1,0	1,500	94,164	8,262

Groupe ID cheville
2, 4

When the input edge distance is set to "infinity", edge breakout verification is not performed in that direction

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	9
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

5 Charges combinées traction et cisaillement (EN 1992-4, Paragraphe 7.2.3)

Rupture acier

β_N	β_V	α	Utilisation $\beta_{N,V}$ [%]	Statut
0,425	0,035	2,000	19	OK

$\beta_N^{\alpha} + \beta_V^{\alpha} \leq 1,0$

Rupture béton

β_N	β_V	α	Utilisation $\beta_{N,V}$ [%]	Statut
0,994	0,088	1,000	91	OK

$(\beta_N + \beta_V) / 1.2 \leq 1,0$

6 Déplacements (cheville la plus défavorable)

Charge à court terme:

N_{Sk} = 25,681 [kN] $\quad \delta_N$ = 0,2201 [mm]

V_{Sk} = 1,530 [kN] $\quad \delta_V$ = 0,0612 [mm]

δ_{NV} = 0,2284 [mm]

Charge à long terme

N_{Sk} = 25,681 [kN] $\quad \delta_N$ = 0,5030 [mm]

V_{Sk} = 1,530 [kN] $\quad \delta_V$ = 0,0918 [mm]

δ_{NV} = 0,5114 [mm]

Commentaires: Les déplacements en traction sont valides avec la moitié des couples de serrage requis pour Béton non fissuré Béton ! Les déplacements en cisaillement sont valides sans friction entre le béton et la platine ! L'espace entre le trou foré et le trou de passage n'est pas inclus dans ce calcul!

Les déplacements acceptables dépendent de la construction fixée et doivent être définis par le concepteur !

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

Hilti PROFIS Engineering 3.1.14

www.hilti.ch

Société:		Page:	11
Adresse:		Prescripteur:	
Tel I Fax:	|	E-mail:	
Design:	Ebauche_Ebauche_Ebauche_Ebauche_Général - 12	Date:	09.05.2025
Sous projet I Pos. N°:			

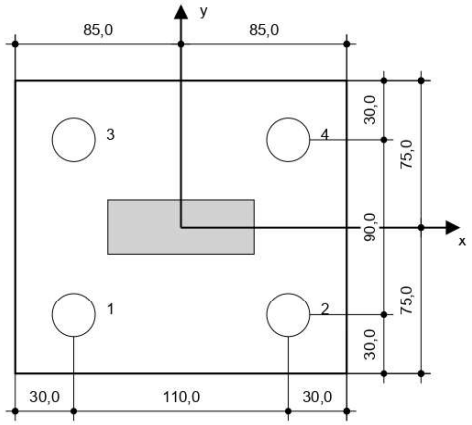
8 Données de pose

Platine, acier: S 235; E = 210 000,00 N/mm^2; f_{yk} = 235,00 N/mm^2	Type et diamètre de la cheville: HIT-HY 200-A V3 + HAS-U 5.8 M20
Profil: Barre plate, 75x28; (L x W x T) = 75,0 mm x 28,0 mm	Code d'article: 2223874 HAS-U 5.8 M20x240 (accessoire de pose) / 2378172 HIT-HY 200-A V3 (Scellement chimique)
Diamètre du trou de passage: d_f = 22,0 mm	Couple de pose maximum: 150 Nm
Epaisseur de platine (entrée): 12,0 mm	Diamètre du trou dans le matériau de base: 22,0 mm
Epaisseur de platine recommandée: non calculé	Profondeur du trou dans le matériau de base: 130,0 mm
Méthode de perçage: Nettoyage automatique SAFEset	Epaisseur minimum du matériau de base: 174,0 mm
Nettoyage: Effectué automatiquement en perçant	

Hilti HAS-U 5.8 tige filetée with HIT-HY 200-A V3 Résine with 130 mm embedment hef, M20, Acier électrozingué, Hollow drill bit (with automatic cleaning) installation per ETA 19/0601

8.1 Accessoires recommandés

Perçage	Nettoyage	Pose
• Perçage en rotation uniquement préférable • Mèche de taille adaptée pour le nettoyage automatique - technologie SAFEset (TE-CD / TE-YD) • Aspirateur	• Pas d'accessoires nécessaires	• Pince avec porte cartouche et buse • Pour des profondeurs de trou importantes, l'utilisation d'embout d'injection est indispensable • Clé dynamométrique



Coordonnées des chevilles [mm]

Cheville	x	y	c_{-x}	c_{+x}	c_{-y}	c_{+y}
1	55,0	45,0	498,0	708,0	-	-
2	55,0	-45,0	608,0	598,0	-	-
3	-55,0	45,0	498,0	708,0	-	-
4	55,0	45,0	608,0	598,0	-	-

Les données d'entrée et les résultats doivent être vérifiés quant aux conditions existantes et leur plausibilité!
PROFIS Engineering (c) 2003-2025, Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti est une marque déposée de Hilti AG, Schaan

SBB CFF FFS

12.101.09

Date : 12.06.2025
Index : a

Ligne/Gare/Installation :	**150 Lausanne – Genève-Aéroport**
Canton :	**Vaud**
Communes :	**Allaman, Féchy, Perroy**
Objet :	**FbE27 Allaman / FbE28 Allaman – Perroy Renouvellement de la voie 1 / voie 315**

N° ISP : 1163975 / 1158099

Procédure d'approbation des plans

Pont PI de la Gordanne. Evaluation / Contrôle technique interne (ex. SIOP A)

Signatures des personnes responsables :

A1. ☒ Signatures originales dans le document

B. ☐ Signatures ci-dessous

Ci-dessous :

A2. ☒ Signatures des personnes pro forma

Carlos Gonçalves

10 juil. 2025

Signature électronique qualifiée · Droit suisse

Carlos Gonçalves
Chef du service
I-AEP-ENG-FB-RWT

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025

SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Stéphane Koessler
Chef de projet
I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

Tabelle SIOP A - Durchgeführte Sicherheitsprüfungen

	Anlage[1]	SV-bericht	Subprozess-verantw.	SIOP A	CL Nr.	Datum	Vorname / Name	Unterschrift
☐	**Fahrbahn**							
☐	Gleis- und Weichengeometrie		I-NAT-BT-FB-TRP	I-NAT-BT-FB-TRP	A101			
☐	Weichenheizungen		I-NAT-BST	I-NAT-BST	A102			
☐	Oberbausystem/-material und Gleisabschlüsse		I-NAT-BT-FB-OBA	I-NAT-BT-FB-OBA	A103			
☐	Unterbau		I-NAT-BT-FB-UB	I-NAT-BT-FB-UB	A104			
☒	**Kunstbauten (Ingenieurbau)** Link Plattform							
☐	Erd- und Stützbauwerke	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A202			
☐	Tunnel und Galerien	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A203			
☒	Brücken (ohne PU/Pa im Bhfs-Bereich)	☒ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A204	12.06.2025	Alain Liechti	Alain Liechti avec charges
☐	Schutzbauten (Naturgefahren)	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A205			
☐	Lärmschutzwände	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A206			
☐	Wasserversorgung	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A208			
☐	Abwasserentsorgung	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A 209			
☐	**Bahnzugang** (xiat001@sbb.ch & Link Plattform Kunstbauten)							
☐	Perron- und Publikumsanlagen	☐ [2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A301			
☐	Gleis- und Perronübderdachung	☐ [2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A302			
☐	Brücken (als PU/Pa im Bhfs-Bereich)	☐ [2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A304			
		☐ [2]		I-NAT-BT-IB	A304			
☐	**Sicherungsanlagen**							
☐	Prozessablauf		I-NAT-BST	I-NAT-BST	A400			
☐	**Zugbeeinflussung**							
☐	Aussensignalisierung		I-NAT-BST	I-NAT-BST				
☐	Führerstandsignalisierung		I-NAT-BST	I-NAT-BST				
☐	**Lichtraumprofil**							
☐	Gemäss Checkliste		I-NAT-BT-TNZ		[3]			

[1] Die Bezeichnungen auf Stufe Anlageart werden bei der Anpassung der Prüfunterlagen und Checklisten vorgenommen

[2] Falls Sachverständigenbericht erstellt wurde → ankreuzen

[3] Verweis auf entsprechend zu prüfende Checklisten

Projekt: L150 km22.935 Pl de la Gordanne, garde-corps (FbE)

ISP-Nr. 1163975 / 1158099

SBB CFF FFS

Auflagen SIOP A 204
DfA Linie 150, km 22.935
PI de la Gordanne, ISP-Nr. 1163975 / 1158099

Autor(en)	Alain Liechti
Ort, Datum, Zeit	Bern, 12.06.2025
Kopie an	
Anlagen	

Auflagen / Charges

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
1	Plan 5022_12.101.01	- Ajouter le rayon des voies sur la situation - Ajouter la position des coupes sur la situation - Ajouter les cotes verticales pour les nouvelles fixations dans les élévations - Corriger coupes A-A (dessin ne corresponds pas aux cotes) - Ajouter les mesures exacte (min. 2.5m n'est pas claire)		x
2	Plan 5022_12.101.01 Convention d'utilisation	Il manque dans le plan des coupes avec le PEL exacte et les distances nécessaire exactes prenant en compte la courbe et la vitesse admise. Les coupes sont à faire. La coupe dans la CdU Fig. 10 est à corriger car la largeur b_D semble fausse. (Consulter le DE-OCF DE18) Contrôler la vitesse admise au chap. 1.6.2.1	x	
3	Plan 5022_12.101.01	Sur les murs d'aile il manque selon les photos une disposition contre les chutes et une disposition est à ajouter (si ce n'est pas déjà fais – à contrôler). Le choix du système dans le domaine de l'entretien écologique est à discuter avec le responsable de l'installation de nature. (Probablement une clôture avec 3 cordes horizontales. Voir aussi PAIngB chap. B5.9 et les documents référencier)		x
4	Convention d'utilisation chap. 1.2	Ajouter l'IPID (238991) dans le tableau.		x
5	Convention d'utilisation chap. 5.4.3	Ne pas référencier le document AM 01/02. (Le document AM 01/02 n'est plus valable et a été remplacé par le PAIngB en 2016)		x

SBB AG
Ingenieurbau
Hilfikerstrasse 3 · 3000 Bern · Schweiz
Mobil +41 (0)79 xxx xx xx
xxx.xxx@sbb.ch · www.cff.ch

6	Convention d'utilisa-tion	- Les variantes envisagées expliquées dans le chapitre 5.4.1 aurais plutôt leur place dans le chapitre 1. - La correspondance interne en annexe 1 n'a pas a figuré dans une CdU. - Expliqué pourquoi il y a des systèmes différents pour les bordures à la fin du ponts Nord et Sud.		x
7	Base de projet chap. 8 et CdU chap. 2.4	Pour la protection anticorrosion du garde-corps le PEQ « Geländer im Publikumsbereich » (garde-corps en zone public) est à utiliser pour un duplexage. Également ajouter le document dans les bases.		x

Ligne: 150
Désignation: Lausanne - Genève - Aéroport
km: 00,000 - 66,600

12.201.01

Canton: Vaud
Communes: Allaman, Féchy, Perroy

Projet: FbE28 Allaman-Perroy
Renouvellement de la voie 315

N° BIP: 1163975 / 1158099

Phase: Procédure d'approbation des plans

Signatures:

Mandataire auxiliaire de l'entreprise CFF

Service:	[illegible]
Fonction	Chef de projet général
Nom	Stéphane Kissling
Signature	

Auteur du projet

Entreprise	Ad Ingenieri Lausanne sa
Fonction	Chef de projet
Nom	François Vuilleumier
Signature	

SBB CFF FFS

Plan n° 5022_12,201,01
Rév.: Date: Visa: Nom: Visa: Visa:
A 04.11.2025 LP FV

Traversées des voies sans tranchée
Plan d'objet
Coupes et détails 1:100

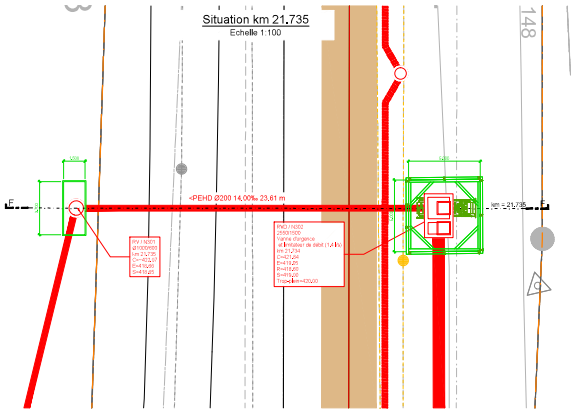
Ligne 150 km 21.240 - 24.295 Format 1470 x 594

CFF, Infrastructure - Projets d'Aménagement et Renouvellement - Engineering - Nord Vaudois
Rue du 8e Gare de Tillage 7
CH 1020 Renens

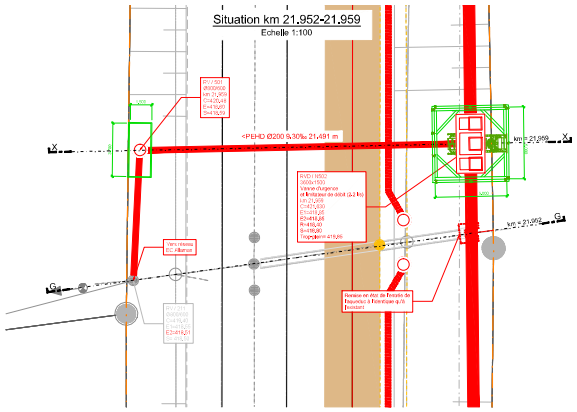
Légende :
- Installations supprimés
- Installations existantes
- Nouvelles installations
- Installations provisoires
- Zone de bourrage devant respecter les tolérances de réception
- Limite de propriété CFF
- Limite communale

Légende Infrastructure et Ballast :
- Infrastructure type PSS
- Cribliage
- Conduite de transport projetée
- Conduite de drainage existante
- Collecteur existant
- Chambre projet
- Chambre existante

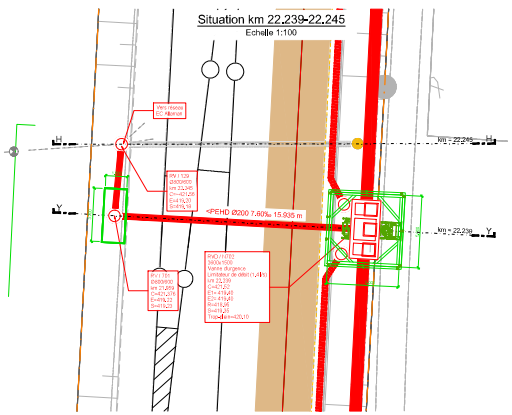
Situation km 21.735
Echelle 1:100



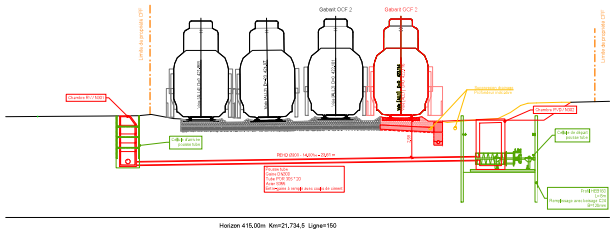
Situation km 21.952-21.959
Echelle 1:100



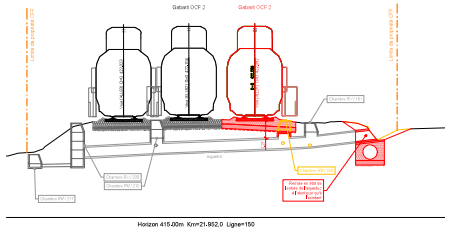
Situation km 22.239-22.245
Echelle 1:100



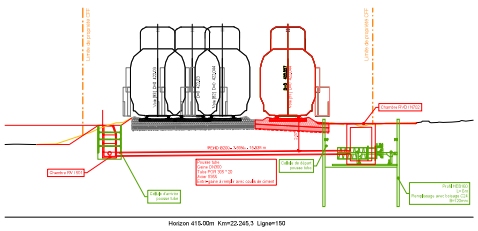
Coupe F-F - km 21,735
Echelle 1:100



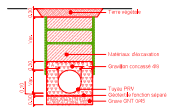
Coupe G-G - km 21,952
Echelle 1:100



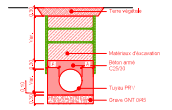
Coupe Y-Y - km 22,239
Echelle 1:100



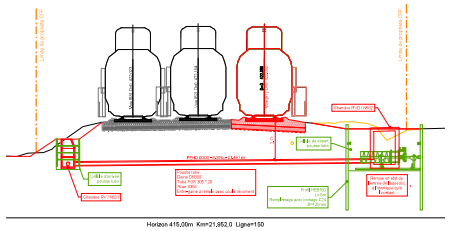
Coupe de principe tuyau PRV hors zone d'influence des charges ferroviaires
Echelle 1:50



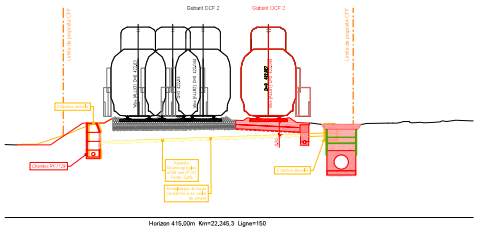
Coupe de principe tuyau PRV dans la zone d'influence des charges ferroviaires
Echelle 1:50



Coupe X-X - km 21,959
Echelle 1:100



Coupe H-H - km 22,245
Echelle 1:100



SBB CFF FFS

12.201.04

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF

Service : I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1
Fonction : Chef de projet général
Nom : Stéphane Koessler

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Auteur·e(s) du projet

Entreprise : sd ingénierie lausanne sa
Fonction : Chef de projet
Nom : François Yerly
Signature :

Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa
Lausanne, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Traversées des voies sans tranchée
Convention d'utilisation

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	LK/FY	
B			
C			
D			
E			
F			

12.201.04_Traversées des voies sans tranchée.
Convention d'utilisation_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Avant-propos

Une convention d'utilisation distincte doit être établie pour chaque type d'installation. Un regroupement de différents types d'installations est possible et vaut p. ex. l'alimentation en eau, le drainage, les ponts, les tunnels et galeries (incl. tranchées couvertes), les écrans antibruit, les murs de soutènement, les ouvrages en terre. Ceci doit toutefois être défini au préalable en concertation avec I-NAT-KBN.

Le document doit être vérifié et complété à chaque phase de projet considérée. Les modifications doivent être effectuées directement dans le document original selon le code de couleurs suivant :

- Avant-projet : **noir**
- Projet de construction/mise à l'enquête : **vert**
- Projet d'exécution : **rose**

Afin de pouvoir comprendre les modifications au premier coup d'œil, la liste des révisions doit être rempli.

Liste des révisions et des modifications spécifiques au projet

Version	Date	Auteur	Remarques
A	03.07.2025	LK/FY	Version originale
B			
C			
D			
E			
F			

Table des matières

1 Objectifs généraux relatifs à l'utilisation 4
1.1 Projet de construction 4
1.2 Composants et ouvrages existants 6
1.3 Indications sur les dispositions contractuelles actuelles et futures concernant la propriété et l'entretien 7
1.4 Maîtrise d'ouvrage 8
1.5 Délimitations 8
1.6 Exigences d'utilisation 8
1.7 Durée d'utilisation 9
2 Bases 10
2.1 Bases spécifiques au projet 10
2.2 Bases légales 10
2.3 Normes 10
2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer 11
3 Environnement et exigences de tiers 11
3.1 Effets sur l'environnement (exigences et mesures de protection) 11
3.2 Exigences de tiers 12
3.3 Gabarit d'espace libre pour les voies de communication 12
3.4 Gabarit d'écoulement de rivières 12
3.5 Traversée de conduites industrielles 12
3.6 Installations de destruction de l'armée 13
4 Besoins de l'exploitation et de l'entretien 13
4.1 Locaux de service et places de parc pour l'exploitation 13
4.2 Accessibilité, contrôlabilité et remplaçabilités des pièces d'usure 13
4.3 Réserves de gabarit pour reprofilage ultérieur 13
4.4 Gestion du trafic lors d'inspection et de travaux de remise en état ultérieurs 13
4.5 Equipements spéciaux, équipements de mesure ou de régulation 13
5 Prescriptions particulières du maître d'ouvrage 13
5.1 Construction robuste 13
5.2 Exigences à l'étanchéité 13
5.3 Exigences aux surfaces de béton apparent 13
5.4 Produits / systèmes 13
5.5 Mesures relatives à la protection contre les courants électriques 14
5.6 Concept d'entretien dans le cadre de l'exploitation ferroviaire 14

5.7 Autres exigences 14
6 Objectifs de protection et risques particuliers 15
6.1 Exigences concernant la sécurité / sécurité vis-à-vis d'influences externes 15
6.2 Courants vagabonds 15
6.3 Actions chimiques 15
6.4 Oscillations et limites d'accélération 15
6.5 Choc de véhicules ferroviaire 15
6.6 Déraillement 15
6.7 Incendie 15
6.8 Tremblement de terre 15
6.9 Explosion 15
6.10 Sabotage et vandalisme 15
6.11 Autres actions accidentelles 16
6.12 Risques acceptés 16
7 Conditions particulières relatives à l'exécution des travaux 16
7.1 Viabilisation du chantier, accès, site d'installation 16
7.2 Conditions particulières de tiers 16
7.3 Conditions particulières résultant de l'exploitation ferroviaire 16
7.4 Prescriptions normatives 16
8 Signatures 17
8.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33) 17

1 Objectifs généraux relatifs à l'utilisation

L'étude de projet et l'exécution se fondent sur les lois, les normes SIA, VSA, SSIGE et VSS en vigueur, ainsi que sur la réglementation CFF (règlements, instructions, directives) pour les projets liés à l'exploitation ferroviaire.

1.1 Projet de construction

Le projet comporte une intervention sur les traversées de voies souterraines, respectivement la réalisation de trois nouveaux forages subhorizontaux. La conception de ces dernières, en vue de leur mise en œuvre, doit par conséquent respecter les prescriptions en vigueur.

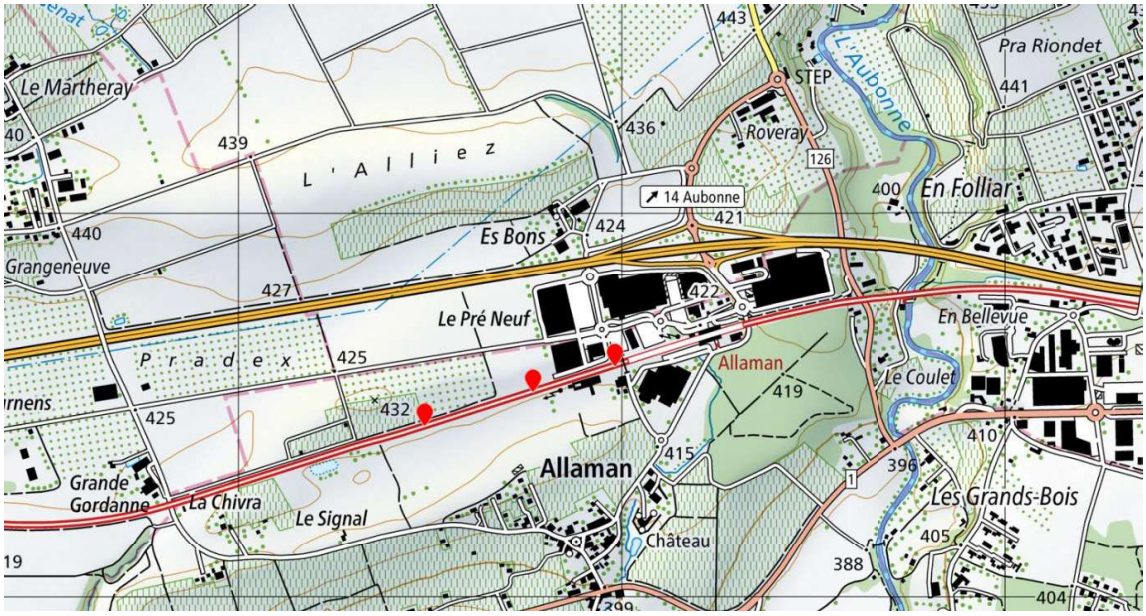


Figure 1 : localisation du projet – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

La création de ces traversées, permettant le raccordement des eaux de drainage des voies de l'autre côté des voies et à la profondeur requise, sera réalisée par un pousse tube subhorizontal (1%). Une gaine en acier sera mise en place, puis un tube en PE soudé sera inséré à l'intérieur. Un mortier sera ensuite injecté entre les deux tubes.

Les conduites en PE ont été dimensionnées en tenant compte d'une pluie de temps de retour de 2 ans. Le calcul détaillé de l'hydraulique de la conduite figure dans le concept d'évacuation des eaux, pièce PAP n°12.991.01 du présent dossier.

Dans un premier temps, le terrassement sera réalisé au sein d'une enceinte de fouille, soutenue par une paroi parisienne et stabilisée à l'aide de butons. Cette enceinte de dimension 5 m x 5 m x 3.5 m de profond servira ensuite pour la cellule de poussée.

Une fois le pousse-tube et son tube en PE en place, deux chambres seront créées de part et d'autre du tube et les enceintes seront refermées.

Les dimensions principales des parties d'ouvrage faisant l'objet de la présente convention sont illustrées sur les extraits du plan d'objet, pièce PAP n°12.201.01.

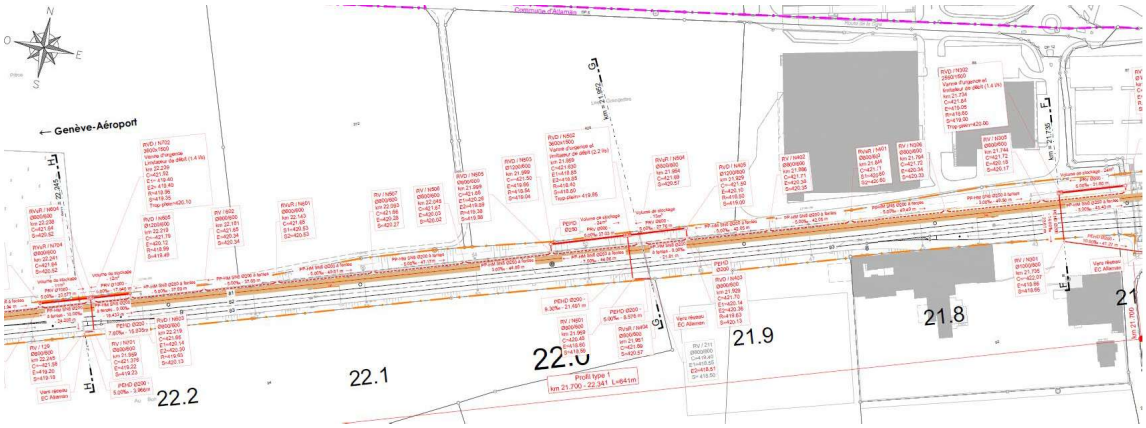


Figure 2 : vue en plan du projet – source : extrait de la pièce PAP n°04.01.01

1.1.1 Nouvelle traversée km 21.735

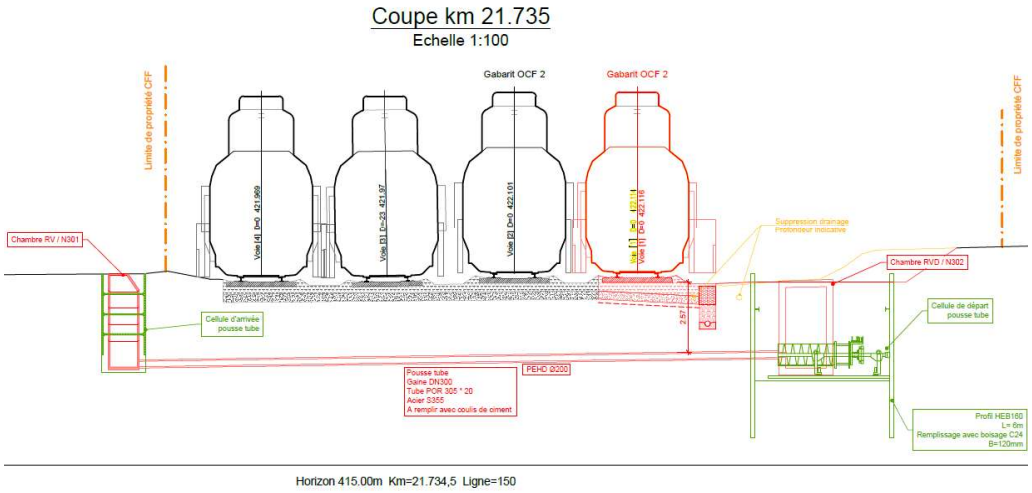


Figure 3 : vue en coupe km 21.735 – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.201.01

1.1.2 Nouvelle traversée km 21.959

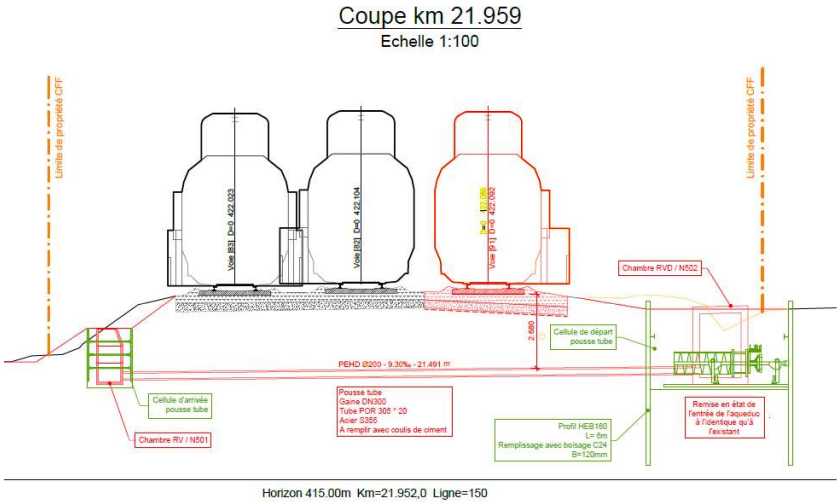


Figure 4 : vue en coupe km 21.959 – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.201.01

1.1.3 Nouvelle traversée km 22.239

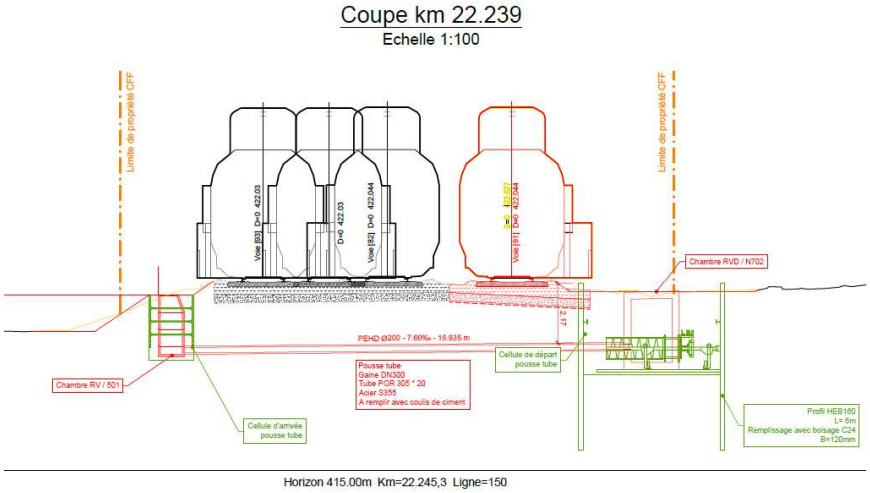


Figure 5 : vue en coupe km 22.239 – source : extrait du plan d'objet, pièce PAP n°12.201.01

1.2 Composants et ouvrages existants

Nom du composant ou de l'ouvrage		Année de construc.	Type d'ouvrage	Ligne DfA et km	N° IPID
	Aqueducs				
I	Traversée souterraine	Non déterminé	Canal en voûte béton 60 x 60 cm	150 Km 21.952	636543
II	Traversée souterraine	Non déterminé	Conduite en béton D=30 cm	150 Km 22.245	728838

Figure 6 : liste des ouvrages ou parties d'ouvrage existants

Les aqueducs situés au km 21.952 et 22.245 servent à évacuer les eaux de drainages des voies et acheminer les eaux de ruissellement en contrebas des voies. Les niveaux altimétriques d'entrée de ces dernières ne permettent pas le raccordement des nouveaux drainages s'inscrivant plus en profondeur.

Alors qu'il n'existe pas de traversée au km 21.735 pour le raccordement des drainages, celles qui sont situées au km 21.952 et 22.245 ne se trouvent pas suffisamment profondes. Prérequis à la mise en conformité des drainages dans le cadre du présent FbE, trois nouvelles traversées sont donc nécessaires.

Les données géométriques et altimétriques des aqueducs existants sont issues de la DfA.

1.2.1 Traversée existante km 21.952



Figure 7 : photographies de l'aqueduc existant km 21.952, à gauche côté Nord des voies, à droit au Sud des voies – source : photographies d'auteur, 2023

1.2.2 Traversée existante km 22.245



Figure 8 : photographies de l'aqueduc existant km 22.245, à gauche côté Nord des voies, à droit au Sud des voies – source : photographies d'auteur, 2023

1.3 Indications sur les dispositions contractuelles actuelles et futures concernant la propriété et l'entretien

1.3.1 Dispositions actuelles

Les dispositions contractuelles concernant les traversées existantes ne sont pas connues.

1.3.2 Dispositions futures

Les CFF assurent seuls l'entretien des nouvelles traversées souterraines. Le plan d'acquisition du projet, pièces PAP n°09.01.01 et 02, expose les emprises nécessaires pour leur construction.

1.4 Maîtrise d'ouvrage

La maîtrise d'ouvrage est assurée par la division Infrastructure des Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), service I-AEP-ENG-FB-RWT.

1.5 Délimitations

La présente convention d'utilisation concerne :

- Les nouvelles traversées de voie sans tranchée

La convention d'utilisation ne traite que des sujets qui sont de la responsabilité de l'ingénieur civil et est élaborée conformément aux normes SIA. Les parties concernées pour ce projet sont :

Maitre de l'Ouvrage : CFF SA, Infrastructure

Ingénieur civil : sd ingénierie lausanne sa

L'accord par signature de la convention figure à la fin du présent document.

1.6 Exigences d'utilisation

1.6.1 Géométrie

Traversées de conduites de tiers (VSS 71 260, ch. 7.1) :

- 2 m entre la face supérieure de la traverse et la surface supérieure de la conduite, resp. de la gaine, selon Ordonnance concernant les prescriptions de sécurité pour les installations de transport par conduite art. 14, resp. au minimum 2.5 m sous les tronçons à grande vitesse ;

Traversées de conduites appartenant au chemin de fer (R RTE 21110, ch. 4.5.1) :

- Pour déterminer la profondeur de la traversée, on tiendra compte de la configuration de l'infrastructure, de la structure du terrain naturel (aspects géologiques et géotechniques) et des éventuelles nappes phréatiques sur place. Il convient de faire passer la conduite, y compris sa gaine, en dessous de la plateforme. Dans le cas de traversées, la distance entre le sommet du tuyau et la face supérieure de la traverse doit être supérieure à 1.30 m pour pouvoir réaliser ultérieurement un assainissement de l'infrastructure sans difficulté.

Les traversées de conduites doivent être perpendiculaires à la voie et se trouver en principe en-dehors des zones d'appareils de voies. Si ces règles ne sont pas observées, les services spécialisés doivent intervenir. **L'évitement de la zone d'AV ne peut être appliquée au km 22.245, en raison de l'emplacement fixe du point de raccordement existant et de sa profondeur, Cette dérogation est justifiée par la volonté d'évacuer les eaux de drainage contenue dans la conduite de manière gravitaire, fixée par les niveaux de sortie des aqueducs existants. En cas d'augmentation et de la longueur de la conduite et de la profondeur de la traversée, un siphon se formera.**

En règle générale, il faut observer une distance minimale de 0,30 m entre le fond du fossé de drainage et le sommet de la conduite qui la traverse en dessous.

Les croisements sont en général perpendiculaires aux voies et situés en dehors des zones de branchements. Les croisements sont réalisés par pousse tube. Les caractéristiques du sol peuvent dans certains cas nécessiter une gaine.

Le profil type avec les cotes à observer est décrit dans la figure ci-après.

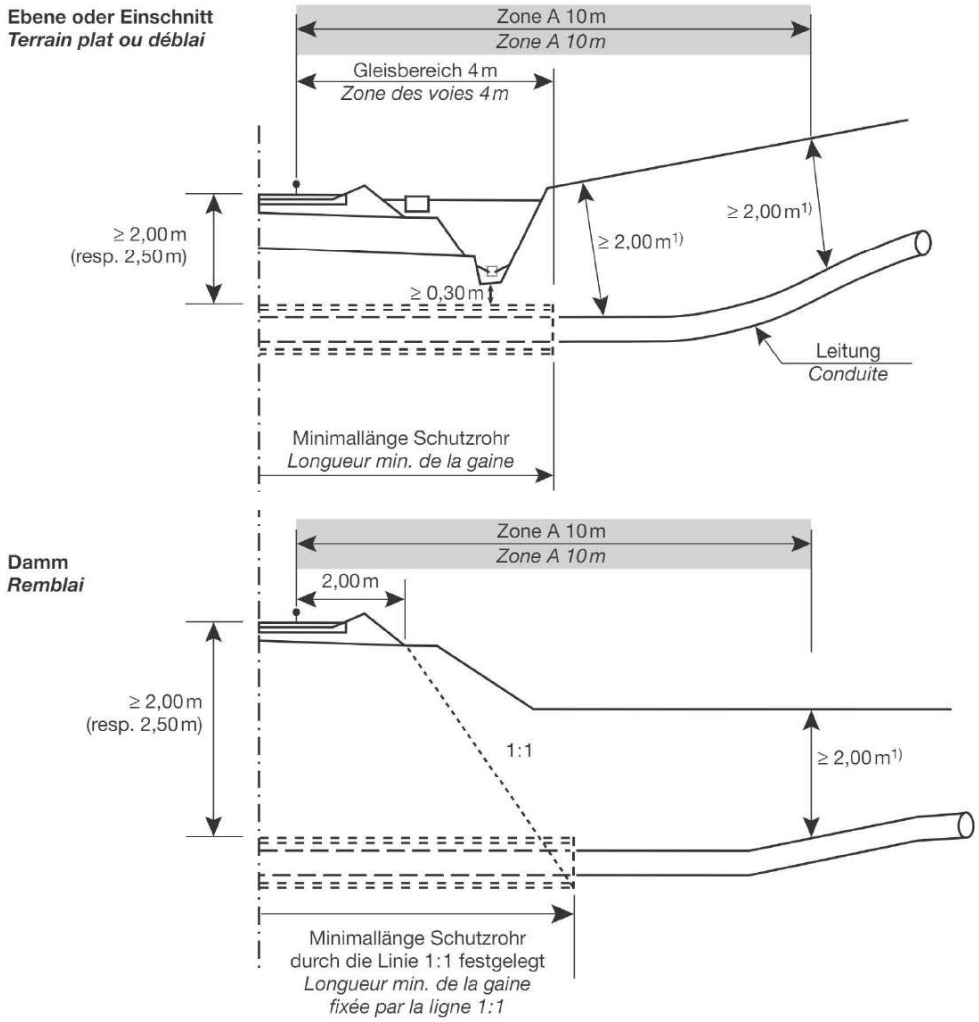


Figure 9 : croisement de conduites avec des voies ferrées, distances et profondeurs – source : norme VSS 71 260

1.6.2 Utilisation : charges utiles, vitesses, volume de trafic

1.6.2.1 Ouvrages ou parties d'ouvrage existants et conservés

Néant.

1.6.2.2 Ouvrages ou parties d'ouvrage à réaliser

- Modèles de charge à prendre en compte selon la norme SIA 261 : modèles 1 ;
- Volume du trafic ferroviaire prévu : env. 70'000 TBC/jour/voie ;
- Vitesses de pleine voie : 140 km/h.

1.6.3 Changements d'affectation

En raison du nouveau tracé lié au projet du tunnel Morges-Perroy, la ligne pourrait être déclassée à partir de 2045 environ. Toutefois, la durée d'utilisation des nouveaux composants est à considérer comme définitive.

1.7 Durée d'utilisation

1.7.1 Composants et ouvrages existants

Néant.

1.7.2 Composants et ouvrages à réaliser

Nom du composant ou de l'ouvrage		Durée d'utilisation
	Aqueducs	
	Tube en acier ou en béton foncé au pousse-tube (assure une fonction porteuse à l'état final, p. ex. pour des aqueducs)	100 ans
	Protection contre la corrosion	40 ans
	Evacuation des eaux de drainages	
	Canalisation	100 ans
	Structures temporaires	
	Parois berlinoises	1 an

Figure 10 : durée d'utilisation planifiée pour les nouveaux composants et ouvrages à réaliser

2 Bases

2.1 Bases spécifiques au projet

[1] Recommandations pour projets de tiers, Pousse-tube et forages dirigés sous les voies CFF, I-PJ-RWT-PJM-PB, CFF SA, 2015 ;
[2] Arbeitshilfe SBB – Durchlässe unter der Bahn, I-AT-KBN-IBW, CFF SA, 2018 ;
[3] Dossier de plans d'archive selon registre n°01.153, CFF SA, 1965-1969 ;
[4] Documents et courriels transmis par M. Stéphane Koessler, CFF SA, 2024 ;
[5] Dossiers de plans et rapports de la présente procédure d'approbation des plans (PAP).

2.2 Bases légales

[1] DE-OCF Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer en Suisse dans leur version applicable à la date de signature du contrat
[2] LCdF Loi fédérale sur les chemins de fer
[3] Directive Sécurité sismique des installations ferroviaires OFT
[4] Directive Protection contre le bruit des installations ferroviaires OFT
[5] Directives et instructions cantonales
[6] LDAl, ODAl Loi fédérale sur les denrées alimentaires et les objets usuels, ordonnance sur les denrées alimentaires
[7] LEaux, OEaux Loi fédérale sur la protection des eaux, ordonnance sur la protection des eaux

2.3 Normes

[8] SIA 118 (2013) Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction
[9] SIA 118/190 (2017) Conditions générales pour les canalisations
[10] SIA 118/198 (2023) Conditions générales pour les constructions souterraines
[11] SIA 118/263 (2018) Conditions générales pour la construction en acier
[12] SIA 118/265 (2018) Conditions générales pour la construction en bois
[13] SIA 118/267 (2017) Conditions générales pour la géotechnique
[14] SIA 190 (2017) Canalisations
[15] SIA 198 (2023) Constructions souterraines – Exécution
[16] SIA 260 (2013) Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
[17] SIA 261 (2020) Actions sur les structures porteuses
[18] SIA 261/1 (2020) Spécifications complémentaires
[19] SIA 263 (2013) Construction en acier
[20] SIA 263/1 (2013) Spécifications complémentaires
[21] SIA 263/1-C1 (2015) Construction en acier - Spécifications complémentaires, y c. correc. C1
[22] SN EN 1090 (2011) Exécution des structures en acier et des structures en aluminium
[23] SIA 265 (2012) Construction en bois

[24] SIA 265/1 (2009) Spécifications complémentaires
[25] SIA 267 (2013) Géotechnique
[26] SIA 267/1 (2013) Spécifications complémentaires
[27] SIA 269 (2011) Bases pour la maintenance des structures porteuses
[28] SIA 269/1-7 (2011) Maintenance des structures porteuses
[29] SIA 269/8 (2018) Maintenance des structures porteuses – Séismes
[30] SIA 270 (2014) Étanchéité et évacuation des eaux – Bases générales et délimitations
[31] SIA 272 (2009) Étanchéité et drainage d'ouvrages enterrés et souterrains
[32] SN 671 260 (2005) Croisements et parallélisme de conduites souterraines avec les voies
[33] NF EN 1295-1 (1997) Calcul de résistance mécanique des canalisations enterrées, partie 1
[34] Suva 44062 La sécurité lors de travaux dans des puits, des fosses ou des canalisations
[35] Suva 1796 (2005) 832.311.141 Ordonnance sur la sécurité et la protection de la santé des travailleurs dans les travaux de construction
[36] SN-EN 50122 (2017) Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag (Mesures de protection contre les chocs électriques)

2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer

[37] Règlements CFF Instructions et fiches
[38] PVIngDU Projektierungsvorgaben Ingenieurbau – Durchlässe
[39] R RTE 20012 (2012) Profil d'espace libre, voie normale
[40] D RTE 22040 (2009) Guide pratique de la voie ferrée Écartement normal
[41] D RTE 27900 (2014) Manuel des conducteurs de retour de courant et des mises à terre
[42] R RTE 21110 (2015) Infrastructure et ballast, voie normale (et voie métrique)
[43] Prescriptions d'exécution et de qualité CFF (PEQ) et programmes de contrôle (PC)
- Évacuation des eaux de la voie ferrée
- Structures porteuses en acier

[44] Guide de la protection des surfaces en béton, 7 mars 2007, version du 1er décembre 2015
[45] FAQ « Comment doit être réalisée la mise à la terre des ponts de chemin de fer et selon quels principes faut-il sectionner ou non les systèmes de mise à la terre », 1er mars 2010, Dr Markus Büchler
[46] Factsheet protections anti-chute
[47] Plan schématique des catégories de ligne sismiques ESK
[48] BZU B23 Manuel de planification Protection anti-chute et main courante, août 2017, version 1.0

3 Environnement et exigences de tiers

3.1 Effets sur l'environnement (exigences et mesures de protection)

3.1.1 Généralités

Les parties d'ouvrage doivent être construites dans le respect de l'environnement et des lois, directives et règlements en vigueur régissant le domaine.

Une attention particulière sera apportée surtout lors de la phase de construction. Les éléments suivants seront pris en considération :

- Décantation et évacuation des eaux de chantier ;
- Recyclage et traitement des résidus de sables ;
- Limitation du bruit (surtout lors des travaux nocturnes) ;
- Limitation des émissions de poussières ;
- Evacuation et tri des déchets ;

- Limitation de l'infiltration de polluants dans le sol (stockage d'hydrocarbures sur surfaces étanches, etc.).

3.1.2 Eaux souterraines

Le projet se trouve en secteur de protection des eaux A_u.

Selon les mesures piézométriques réalisées et selon le rapport du géotechnicien, pièce PAP n°12.201.91, « dans le périmètre de l'étude il n'est pas attendu de rencontrer de nappe phréatique générale à proprement parler. Cependant, des circulations d'eau dans le niveau de moraine remaniée plus perméable sont attendues. De plus, le contact entre la moraine remaniée et la moraine constitue une zone d'écoulement préférentielle du fait de la différence de perméabilité entre les deux formations ».

3.1.3 Sites pollués

Seul le bien-fonds 92 bordant le projet et sur lequel une nouvelle canalisation doit être construite au sortir de la traversée souterraine du km 21.735, figure sur le cadastre des sites pollués. Bien que polluée, la parcelle ne présente pas d'atteinte nuisible ou incommodante.



Figure 11 : sites pollués – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

3.1.4 Développement durable

Une attention particulière est apportée au choix des matériaux, pour que, dans la mesure du possible, l'impact écologique soit minimisé. Ce choix doit cependant toujours respecter les caractéristiques techniques et financières du projet.

D'autre part, lors de la réalisation des travaux, toutes les mesures seront mises en place afin de respecter les lois et ordonnances relatives à la protection de l'environnement.

3.2 Exigences de tiers

Néant.

3.3 Gabarit d'espace libre pour les voies de communication

Néant.

3.4 Gabarit d'écoulement de rivières

Néant.

3.5 Traversée de conduites industrielles

Le projet tient compte des conduites de services tiers dont le tracé interagit avec l'ouvrage ou se trouve dans ses environs immédiats. Avant la réalisation des travaux, des sondages pourraient être effectués afin de vérifier l'exactitude du cadastre souterrain. Lors de la réalisation des travaux, les entreprises exécutantes sont responsables des dégâts occasionnés aux différents réseaux.

Lors de la prochaine phase d'étude, il sera vérifié que l'implantation de l'axe des forages subhorizontaux respecte une distance minimale de 4 mètres avec les conduites souterraines existantes. En cas de désaffectation d'une conduite souterraine traversante, il est recommandé de l'injecter ou de la remplir pour éviter tout incidence future sur les voies.

3.6 Installations de destruction de l'armée

Néant.

4 Besoins de l'exploitation et de l'entretien

4.1 Locaux de service et places de parc pour l'exploitation

Néant.

4.2 Accessibilité, contrôlabilité et remplaçabilités des pièces d'usure

Le forage sera rectiligne (pente de 1% orienté vers le Sud) et la conduite Ø200 posée à l'intérieur sera visitable et curable grâce aux deux regards situés de part et d'autres des voies.

4.3 Réserves de gabarit pour reprofilage ultérieur

Néant.

4.4 Gestion du trafic lors d'inspection et de travaux de remise en état ultérieurs

Sans objet.

4.5 Equipements spéciaux, équipements de mesure ou de régulation

Néant.

5 Prescriptions particulières du maître d'ouvrage

5.1 Construction robuste

En raison des conditions d'exploitation, les CFF accordent une grande importance à la robustesse et à la durabilité des ouvrages afin de limiter les travaux d'entretien. Les PEQ des CFF (structures porteuses en acier, protection contre la corrosion, structures porteuses en béton, installations d'approvisionnement en eau, installations d'évacuation des eaux usées, drainages, etc.) sont indispensables pour répondre aux exigences énoncées. Ceci doit être pris en compte lors du choix du système et des matériaux.

5.2 Exigences à l'étanchéité

Sans objet.

5.3 Exigences aux surfaces de béton apparent

Sans objet.

5.4 Produits / systèmes

5.4.1 Choix du système

Enceintes de fouille :

Lorsque l'emprise ne le permet pas et/ou lorsque les travaux sont situés dans l'emprise de la ligne de diffusion à 2v:3h depuis la traverse extérieure, une solution de soutènement provisoire est nécessaire.

Pour garantir une fiche du soutènement dans la moraine, des parois de type berlinoise sont à prévoir et devront être associées à des dispositifs de collecte et évacuation des eaux.

Forage subhorizontal :

Compte tenu du contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique, ainsi que la faible longueur des traversées sous voies, une solution de pousse-tube vériné (=forage horizontal) est adaptée.

Recommandations géotechniques :

Les recommandations géotechniques figurent dans un rapport séparé, pièce PAP n°12.201.91.

5.4.2 Matériaux

Les matériaux doivent être robustes et résistants à la corrosion, adaptés aux environnements extérieurs exposés aux intempéries ou soumis aux venues d'eau souterraine.

Le tube en acier qui constitue la gaine de forage sera munie d'une surépaisseur de 10 mm pour prévenir la perte de matière par corrosion de la surface contre terre.

La conduite insérée à l'intérieur de la gaine en acier sera constituée d'un tuyau en PE-HD soudé au miroir.

L'espace entre le pousse-tube et la conduite disposée à l'intérieur sera injecté au coulis de ciment pour prévenir la corrosion de la surface intérieure.

5.4.3 Eléments de construction standard et détails constructifs

Les détails constructifs, basés sur les standards CFF tirés du guide PVIngDU, sont consignés dans le plan d'objet, pièce PAP n°12.201.01 du présent dossier.

5.4.4 Examen de l'ouvrage existant et scénario de renforcement

Les traversées existantes et désaffectées seront injectées ou remplies.

5.4.5 Conception et esthétique

Sans objet.

5.5 Mesures relatives à la protection contre les courants électriques[1]

Les distances par rapport aux mâts de caténaire et lignes électriques telles qu'elles sont prescrites par l'OLEI ainsi que les prescriptions des chemins de fer relatives à l'utilisation de grues, d'engins de levage et de machines de chantier aux abords des installations ferroviaires doivent être respectées dans tous les cas. Pour les conduites métalliques, des mesures contre la perte de courant de traction doivent être prises conformément aux DE-OIEC, ainsi que la directive C3. On veillera particulièrement à ce que la conduite ne fonctionne pas comme conducteur de courant de retour (mise à terre du rail).

5.6 Concept d'entretien dans le cadre de l'exploitation ferroviaire

Les ouvrages sont accessibles par moyen routier. Chaque sondage se trouvent non loin de chaussée du domaine public, moyennant un passage sur des terres agricoles pour la traversée au km 21.949. Une intervention avec un véhicule de maintenance ferroviaire est également possible.

5.7 Autres exigences

5.7.1 Exigences d'utilisation durant les travaux de construction

La sécurité des fouilles ouvertes vis-à-vis des ouvriers et des tiers doit être garantie en tout temps durant la construction, avec la mise en place des mesures de protection contre les chutes de personne et

[1] Voir aussi conditions selon SN-EN 50122-1

d'objet adéquats. Aussi, les perturbations du trafic ferroviaire durant les travaux devront être limitées (travaux de nuits, mesures d'exploitation, etc.).

5.7.2 Protection contre les crues durant les travaux de construction

Néant.

5.7.3 Dates clés du programme des travaux

La planification du sous-projet 1 prévoit un début des travaux à mi-février 2027 pour une durée de 6 mois, soit jusqu'à début août 2027.

Les travaux spéciaux pour la réalisation des enceintes de fouille et des forages subhorizontaux prévus sur les traversées de voies souterraines devraient durer env. 1½ à 2 mois par traversée, y.c. construction de l'ouvrage en béton dans l'enceinte, pose de la conduite dans le pousse-tube et repli.

6 Objectifs de protection et risques particuliers[2]

6.1 Exigences concernant la sécurité / sécurité vis-à-vis d'influences externes

Des mesures de protection adéquates tenant compte de la proximité des voies et de la ligne de contact seront mises en place en phase de réalisation, dans le respect des prescriptions en vigueur.

6.2 Courants vagabonds

Non pertinent.

6.3 Actions chimiques

Néant.

6.4 Oscillations et limites d'accélération

Néant.

6.5 Choc de véhicules ferroviaire

Aucun risque vis-à-vis des traversées souterraines.

6.6 Déraillement

Les dommages liés à un déraillement d'un convoi doivent être évalués.

6.7 Incendie

Un incendie ne peut pas être exclu. Le risque est accepté par le Maître de l'Ouvrage. Des dispositions spéciales concernant la protection du sol et de la nappe phréatique ne sont pas prévues.

6.8 Tremblement de terre

Le Maître d'Ouvrage accepte les dommages causés par un tremblement de terre, mais ne tolère aucune défaillance de la structure porteuse.

6.9 Explosion

Une explosion ne peut pas être exclue. Le risque est accepté par le Maître de l'Ouvrage. Des dispositions spéciales concernant la protection du sol et de la nappe phréatique ne sont pas prévues.

6.10 Sabotage et vandalisme

Le risque est accepté par le Maître de l'Ouvrage.

[2] Les objectifs de protection doivent être saisis de manière détaillée dans la base du projet, de manière séparée selon l'état de construction et de service.

6.11 Autres actions accidentelles

6.11.1 Dangers naturels

Aucun danger naturel ou autre influence pouvant porter atteinte à la structure n'est recensé au droit de l'ouvrage.

6.12 Risques acceptés

6.12.1 Phase de réalisation

- Incendie
- Explosion
- Sabotage et vandalisme
- Accident d'avion

6.12.2 Phase d'exploitation

- Incendie
- Explosion
- Sabotage et vandalisme
- Accident d'avion

7 Conditions particulières relatives à l'exécution des travaux

7.1 Viabilisation du chantier, accès, site d'installation

L'accessibilité et les sites d'installation sont consignés sur les plans de situation du projet. L'emprise des installations provisoires figure sur les plans d'acquisition et de piquetage.

7.2 Conditions particulières de tiers

Voir au chapitre 3 du présent document.

7.3 Conditions particulières résultant de l'exploitation ferroviaire

Les travaux se dérouleront de nuit afin de minimiser l'impact sur la circulation ferroviaire.

7.4 Prescriptions normatives

7.4.1 Aptitude au service

Une attention particulière est à apporter à l'aptitude au service des nouveaux éléments, surtout en ce qui concerne les vérifications suivantes :

- Limitation des déformations ;
- Limitation de la tension annulaire autour du tube de forage ;

7.4.2 Autres exigences particulières

Toutes les dispositions nécessaires doivent être prises afin de garantir une protection optimale contre la corrosion des aciers de construction et d'armature. Ces dispositions concernent principalement :

- Un choix adapté des matériaux de construction ;
- Des dispositions constructives répondant aux directives et aux normes existantes (enrobages, protection de surface, etc.) ;
- Un suivi rigoureux de la réalisation des ouvrages ;
- Un soin particulier de l'exécution et de la protection des soudures entre les tubes.

7.4.3 Normes

Sauf exceptions validées par le MO, toutes les études seront basées et réalisées selon les normes SIA, EN, les directives et recommandations de l'UTP actuellement en vigueur.

8 Signatures

8.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33)

Maître d'ouvrage

CFF SA, Infrastructure

Engineering – Voie Ferrée

Rue de la Gare de Triage 7

1020 Renens

Renens, le ……...

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne

Lausanne, le 3 juillet 2025

SBB CFF FFS

12.201.05

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF		Auteur·e(s) du projet	
Service :	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Entreprise :	sd ingénierie lausanne sa
Fonction :	Chef de projet général	Fonction :	Chef de projet
Nom :	Stéphane Koessler	Nom :	François Yerly
Signature :	Chef de projet Renens, 10 juil. 2025 SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse Signé sur Skribble.com	Signature :	Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa Lausanne, 10 juil. 2025 SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Traversées des voies sans tranchée
Base de projet

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	LK/FY	
B			
C			
D			
E			
F			

12.201.05_Traversées des voies sans tranchée. Base de projet_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Avant-propos

Une base de projet distincte doit être établie pour chaque type d'installation. Un regroupement de différents types d'installations est possible et vaut p. ex. l'alimentation en eau, le drainage, les ponts, les tunnels et galeries (incl. tranchées couvertes), les écrans antibruit, les murs de soutènement, les ouvrages en terre. Ceci doit toutefois être défini au préalable en concertation avec I-NAT-KBN.

Le document doit être vérifié et complété à chaque phase de projet considérée. Les modifications doivent être effectuées directement dans le document original selon le code de couleurs suivant :

- Avant-projet : **noir**
- Projet de construction/mise à l'enquête : **vert**
- Projet d'exécution : **rose**

Afin de pouvoir comprendre les modifications au premier coup d'œil, la liste des révisions doit être rempli.

Liste des révisions et des modifications spécifiques au projet

Version	Date	Auteur	Remarques
A	03.07.2025	LK/FY	Version originale
B			
C			
D			
E			
F			

Table des matières

1 Généralités 3
1.1 Introduction 3
1.2 Description du projet 3
1.3 Croquis du projet, plans d'ensemble 3
1.4 Délimitation 4
1.5 Durée d'utilisation 4
1.6 Objectifs de protection 4
2 Bases 4
2.1 Bases spécifiques du projet 4
2.2 Bases légales 5
2.3 Normes 5
2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer 5
3 Conditions géotechniques et modèle de sol de fondation 5
3.1 Conditions géologiques 5
3.2 Conditions hydrogéologiques 8
3.3 Coefficients de poussée des terres 8
4 Concept de la structure 8
4.1 Système statique 8
4.2 Modèle de dimensionnement 8
4.3 Matérialisation 8
5 Actions 9
5.1 Parties d'ouvrage à réaliser. Actions selon la norme SIA 261 9
6 Sécurité structurale 12
6.1 Situations de risque et mesures 12
7 Aptitude au service 14
7.1 Etats d'utilisation et mesures 14
8 Durabilité 14
9 Risques acceptés 14
10 Autres conditions déterminantes pour le projet 14
11 Signatures 15
11.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33) 15

1 Généralités

1.1 Introduction

La présente base du projet porte sur le projet FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy. 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 de l'ampleur des travaux de remise en état, de construction nouvelle, de remplacement, des processus de construction, des analyses sur la sécurité structurale ainsi que pour le choix des matériaux de construction.

La présente base du projet repose sur la convention d'utilisation du 09.05.2025. Les objectifs d'utilisation et les prescriptions de la maîtrise d'ouvrage sont consignés dans la convention d'utilisation et ne seront pas répétés dans la base du projet.

La présente base du projet est élaborée pour les composants/ouvrages suivants :

- ☐ Passage supérieur ;
- ☐ Passage inférieur ;
- ☐ Passage piétonnier sous voie, y c. accès au chemin de fer ;
- ☐ Passerelle ;
- ☒ Aqueduc, y.c. traversées de voies souterraines ;
- ☐ Tunnels et galerie, y.c. tranchées couvertes ;
- ☐ Ouvrage de soutènement, y.c. portail de tunnel ;
- ☐ Ouvrage en terre ;
- ☐ Paroi antibruit ;
- ☐ Évacuation des eaux usées, drainage ;
- ☐ Alimentation en eau (par ex. eau potable, eau industrielle) ;
- ☒ Ouvrages spéciaux.

1.2 Description du projet

La description du projet figurant dans la convention d'utilisation est également valable pour la base du projet et est également spécifiée ci-dessous :

La création de ces traversées, permettant le raccordement des eaux de drainage des voies de l'autre côté des voies et à la profondeur requise, sera réalisée par un pousse tube subhorizontal (1%). Une gaine en acier sera mise en place, puis un tube en PE soudé sera inséré à l'intérieur. Un mortier sera ensuite injecté entre les deux tubes.

Les conduites en PE ont été dimensionnées en tenant compte d'une pluie de temps de retour de 2 ans. Le calcul détaillé de l'hydraulique de la conduite figure dans le concept d'évacuation des eaux, pièce PAP n°12.991.01 du présent dossier.

Dans un premier temps, le terrassement sera réalisé au sein d'une enceinte de fouille, soutenue par une paroi parisienne et stabilisée à l'aide de butons. Cette enceinte de dimension 5 m x 5 m x 3.5 m de profond servira ensuite pour la cellule de poussée.

Une fois le pousse-tube et son tube en PE en place, deux chambres seront créées de part et d'autre du tube et les enceintes seront refermées.

1.3 Croquis du projet, plans d'ensemble

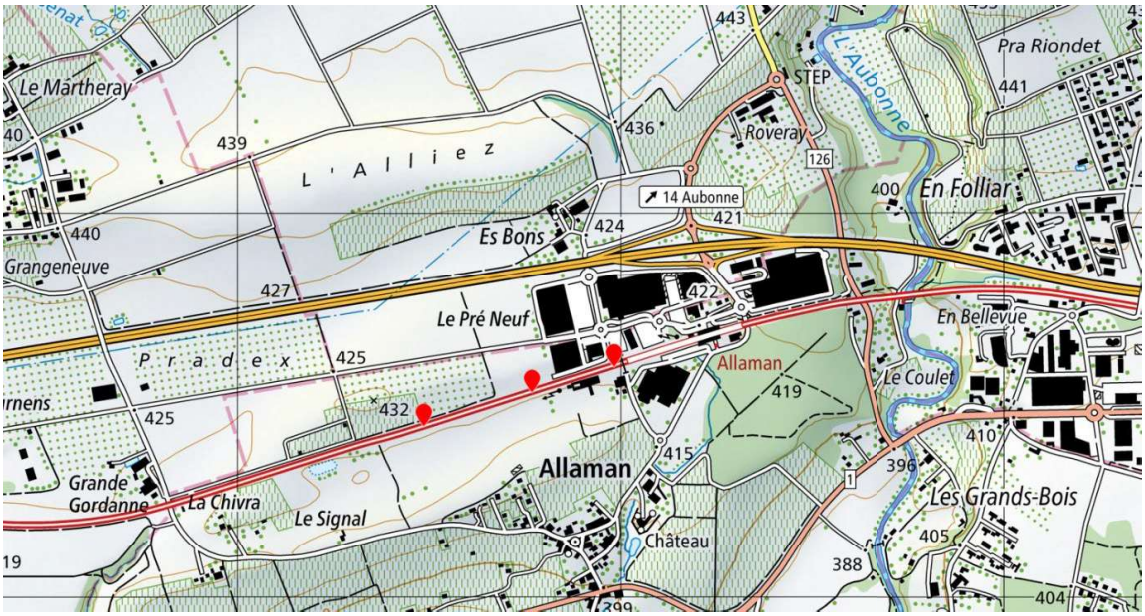


Figure 1 : localisation du projet – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

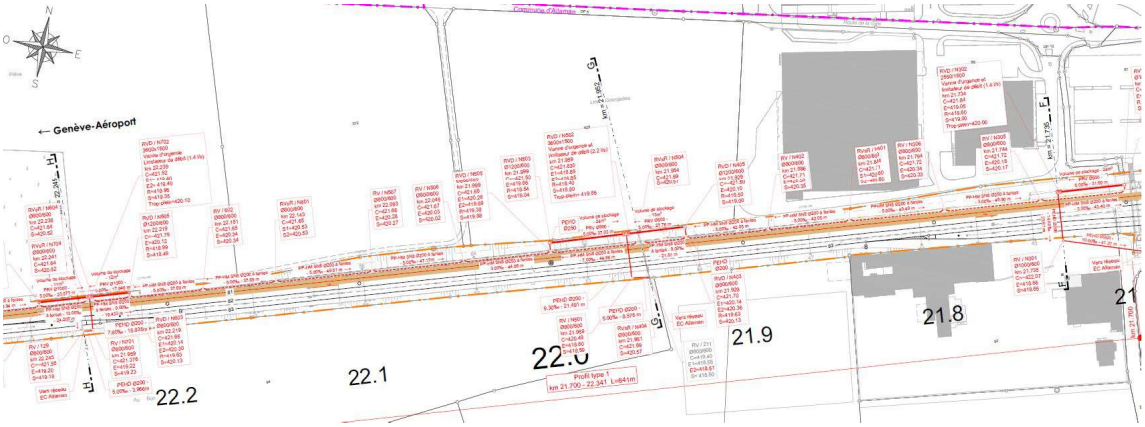


Figure 2 : vue en plan du projet – source : extrait de la pièce PAP n°04.01.01

1.4 Délimitation

Voir convention d'utilisation

1.5 Durée d'utilisation

Voir convention d'utilisation

1.6 Objectifs de protection

Voir convention d'utilisation

2 Bases

2.1 Bases spécifiques du projet

2.1.1 Plans

- Extrait de la DfA, consulté sur RIS Mobile et transmis par CFF ;
- Plans d'archives et plans de convention.

2.1.2 Rapports

- Rapport géotechnique n°39.0079.001, Institut Géotechnique SA, version du 16.12.2024

2.1.3 Bibliographie

Néant.

2.2 Bases légales

Voir convention d'utilisation

2.3 Normes

Voir convention d'utilisation

2.4 Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer

Voir convention d'utilisation

3 Conditions géotechniques et modèle de sol de fondation

3.1 Conditions géologiques

Les couches du sol décrites ci-dessous ont été déterminées sur la base de l'étude géologique et géotechnique (rapport n°39.0079.001, Institut Géotechnique SA, version du 16.12.2024).

Couche de sol		**Altitude**	**Ep.**	**USCS**	**Valeurs caractéristiques du sol de fondation**	
N°	**Désignation**	**[m s.m.]**	**[m]**	**[-]**		
a1	Remblai CFF	z_{sup}=421.87	d_k=0.75		φ'_k=30° γ_φ=1.20 [-] c'_k=1 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=20.5 kN/m³ M_{Ek}=30 MN/m² $M_{E'k}$=12 MN/m²
a2	Remblai d'aménagement	z_{sup}=421.87	d_k=0.75		φ'_k=28° γ_φ=1.20 [-] c'_k=1 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=20.5 kN/m³
b	Moraine remaniée	z_{sup}=421.12	d_k=0.88		φ'_k=28° γ_φ=1.20 [-] c'_k=1 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=19 kN/m³ M_{Ek}=15 MN/m² $M_{E'k}$=15 MN/m²
c	Moraine	z_{sup}=420.24	Non renseigné		φ'_k=32° γ_φ=1.20 [-] c'_k=2 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=21 kN/m³ M_{Ek}=30 MN/m² $M_{E'k}$=10 MN/m²

Figure 3 : modèle de sol de fondation et valeurs caractéristiques du sol de fondation km 21.735

Couche de sol		**Altitude**	**Ep.**	**USCS**	**Valeurs caractéristiques du sol de fondation**	
N°	**Désignation**	**[m s.m.]**	**[m]**	**[-]**		
a1	Remblai CFF	z_{sup}=421.55	d_k=0.75		φ'_k=30° γ_φ=1.20 [-] c'_k=1 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=20.5 kN/m³ M_{Ek}=30 MN/m² $M_{E'k}$=12 MN/m²
a2	Remblai d'aménagement				φ'_k=28° γ_φ=1.20 [-] c'_k=1 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=20.5 kN/m³
b	Moraine remaniée	z_{sup}=420.80	d_k=1.03		φ'_k=25° γ_φ=1.20 [-] c'_k=2 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=18.5 kN/m³ M_{Ek}=5 MN/m² $M_{E'k}$=1.7 MN/m²

Couche de sol		Altitude	Ep.	USCS	Valeurs caractéristiques du sol de fondation	
N°	Désignation	[m s.m.]	[m]	[-]		
c	Moraine	z_{sup}=419.77	Non renseigné		φ'_k=32° γ_φ=1.20 [-] c'_k=2 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=21 kN/m³ M_{Ek}=30 MN/m² $M_{E'k}$=10 MN/m²

Figure 4 : modèle de sol de fondation et valeurs caractéristiques du sol de fondation km 21.952

Couche de sol		Altitude	Ep.	USCS	Valeurs caractéristiques du sol de fondation	
N°	Désignation	[m s.m.]	[m]	[-]		
	Remblai CFF	z_{sup}=421.56	d_k=0.20		φ'_k=30° γ_φ=1.20 [-] c'_k=1 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=20.5 kN/m³ M_{Ek}=30 MN/m² $M_{E'k}$=12 MN/m²
	Remblai d'aménagement				φ'_k=28° γ_φ=1.20 [-] c'_k=1 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=20.5 kN/m³
	Moraine remaniée	z_{sup}=421.36	d_k=0.66		φ'_k=25° γ_φ=1.20 [-] c'_k=2 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=18.5 kN/m³ M_{Ek}=5 MN/m² $M_{E'k}$=1.7 MN/m²
	Moraine	z_{sup}=420.70	Non renseigné		φ'_k=32° γ_φ=1.20 [-] c'_k=2 kN/m² γ_c=1.50 [-]	γ_{Ek}=21 kN/m³ M_{Ek}=30 MN/m² $M_{E'k}$=10 MN/m²

Figure 5 : modèle de sol de fondation et valeurs caractéristiques du sol de fondation km 22.245

3.1.1 Profils géologiques

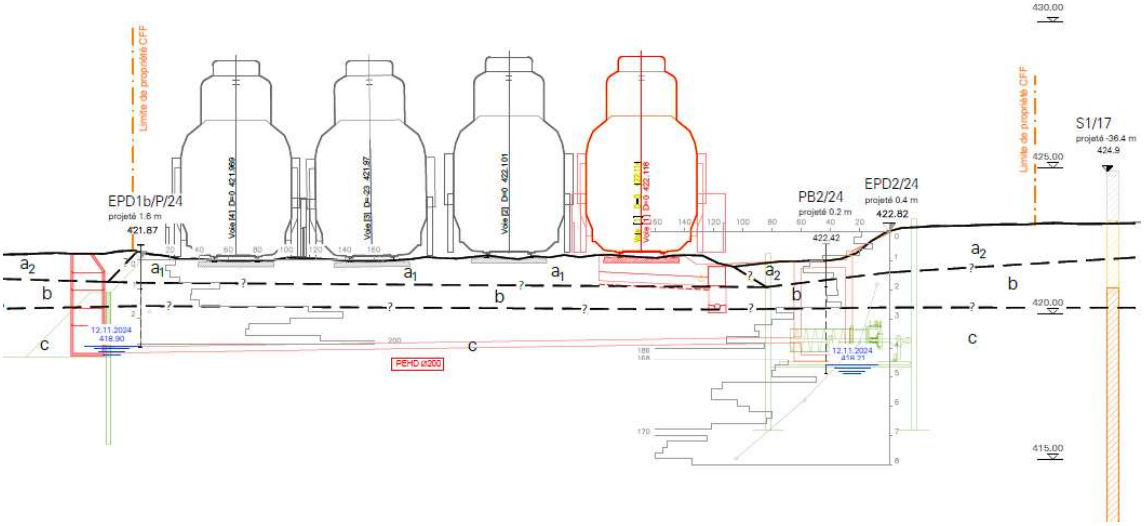


Figure 6 : profil géologique km 21.735 – source : rapport n°39.0079.001, Institut Géotechnique SA, version du 16.12.2024

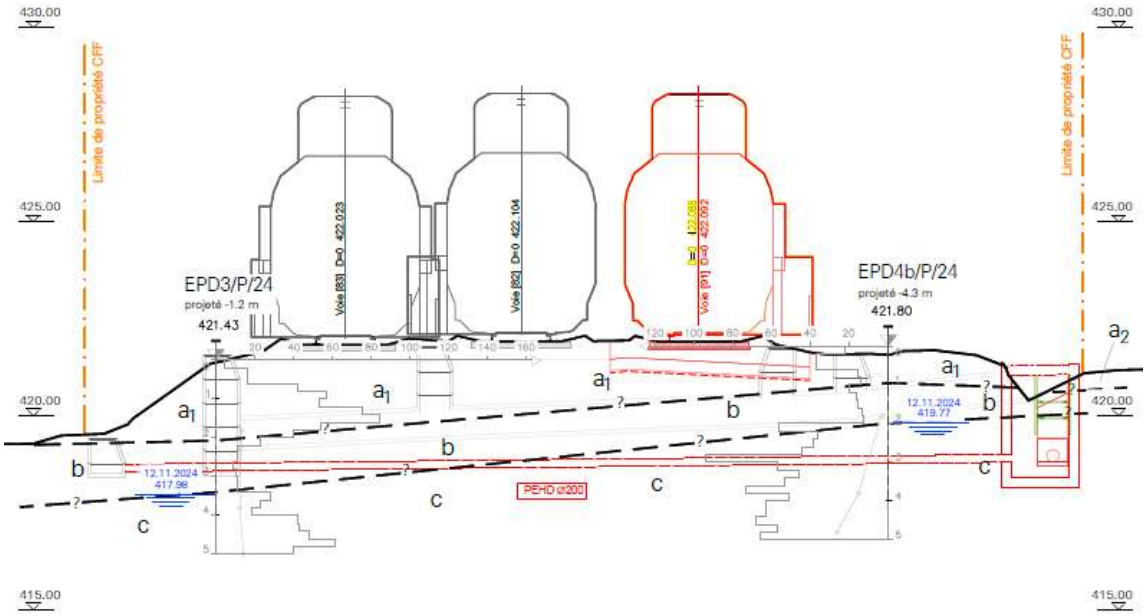


Figure 7 : profil géologique km 21.952 – source : rapport n°39.0079.001, Institut Géotechnique SA, version du 16.12.2024

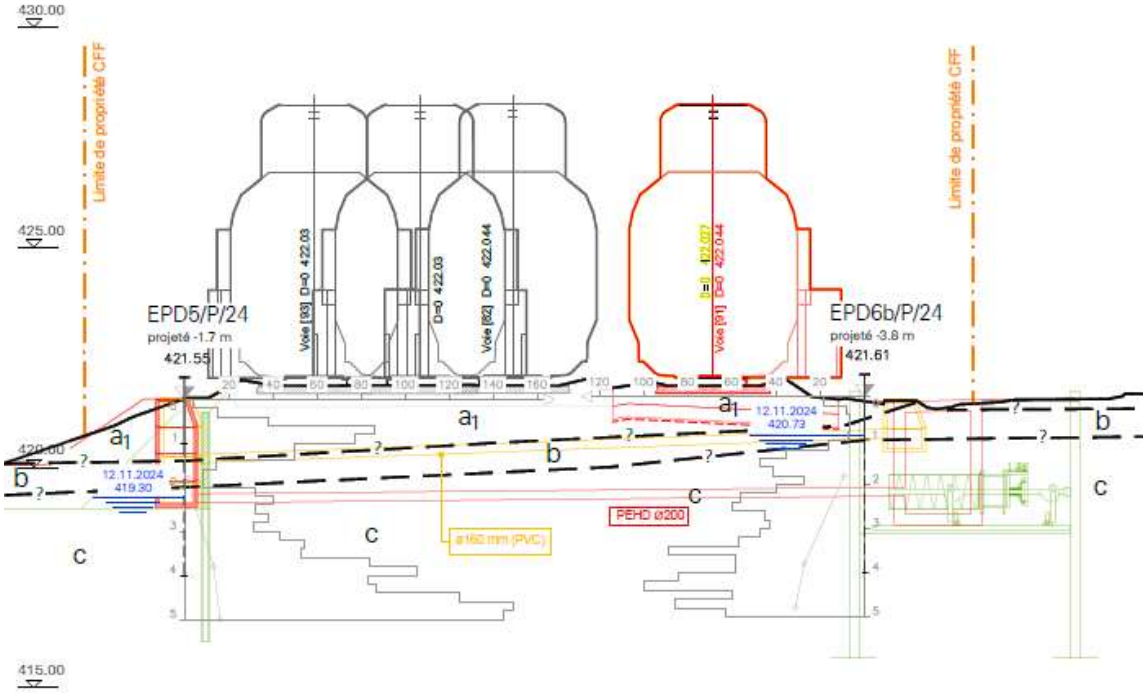


Figure 8 : profil géologique km 22.245 – source : rapport n°39.0079.001, Institut Géotechnique SA, version du 16.12.2024

3.2 Conditions hydrogéologiques

Le projet se situe en secteur Au de protection des eaux.

Selon les mesures piézométriques réalisées par le bureau Institut Géotechnique SA dans le périmètre de l'étude, il est peu probable de rencontrer la nappe phréatique à proprement parler. Cependant, des circulations d'eau dans le niveau de moraine remaniée (b) plus perméable sont attendues. De plus, le contact entre moraine remaniée (b) et la moraine (c) constitue une zone d'écoulement préférentielle du fait de la différence de perméabilité entre les deux formations.

Cette interprétation est corrélée par les mesures de niveaux d'eau reportés dans les forages d'archives

3.3 Coefficients de poussée des terres

Le choix du coefficient de poussée des terres est effectué selon la norme SIA 261, chiffre 4.3 et le tableau 1 et SIA 267, chiffre 12.4.3.

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Justificatif de la sécurité structurale**	**Justificatif de l'aptitude au service**
N°	**Désignation**		
1	Forages subhorizontaux	Poussée des terres au repos avec K0 : K_{0h} selon Coulomb	Poussée des terres au repos avec K0 : K_{0h} selon Coulomb
2	Enceintes de fouille provisoires	Poussée active : K_{ah} selon Coulomb	--
3	Cellule de poussée du pousse-tube	Poussée passive : K_{ph} selon Caquot/Kérisel Cohésion ignorée	--

Figure 9 : coefficient de poussée des terres pour les vérifications de la sécurité structurale et de l'aptitude au service

4 Concept de la structure

4.1 Système statique

4.1.1 Conditions d'appui

Le concept de soutènement pour les enceintes de fouille provisoires consiste en une paroi berlinoise butonnée et fichée en pied.

4.2 Modèle de dimensionnement

- Forages subhorizontaux : ZSoil
- Enceintes de fouille : Larix

4.3 Matérialisation

4.3.1 Nouveaux composants et ouvrages à réaliser

Élément constructif : traversées km 21.735, km 21.952 et km 22.245

4.3.1.1 Acier de construction

Ouvrage ou partie d'ouvrage		**Matériau**	**Valeurs caractér.**	**Valeurs de dimens.**	**Remarques**
N°	**Désignation**	**Désignation**			
1	Forages subhorizontaux	Tube en acier S355 t≤40 mm	E_k=210 GPa G_k=81 GPa f_{uk}=510 MPa f_{yk}=355 MPa	E_d=200 GPa G_d=77 GPa f_{ud}=486 MPa f_{yd}=338 MPa	SIA 263 γ_M=1.05
2	Enceintes de fouille	HEA ou -B 160 en acier S235	E_k=210 GPa G_k=81 GPa f_{uk}=360 MPa f_{yk}=235 MPa	E_d=200 GPa G_d=77 GPa f_{ud}=343 MPa f_{yd}=224 MPa	SIA 263 γ_M=1.05

Figure 10 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques de l'acier de construction, composants à réaliser

4.3.1.2 Bois

Ouvrage ou partie d'ouvrage		Matériau	Valeurs caractér.	Valeurs de dimens.	Remarques
N°	Désignation	Désignation			
2	Enceintes de fouille provisoires	Boisage C24	$E_{m,mean}$=11 GPa G_{mean}=690 MPa f_{mk}=24 MPa	f_{md}=14.1 MPa f_{t0d}=8.5 MPa f_{c0d}=12.4 MPa	SIA 265

Figure 11 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques du bois de construction, composants à réaliser

4.3.1.3 Produits et systèmes

Ouvrage ou partie d'ouvrage		Produits / systèmes	Type	Spécifications	Remarques
N°	Désignation	Désignation			
1	Forages subhorizontaux	Protection anticorrosion face intérieure	Remplissage entre le pousse-tube et la conduite disposée à l'intérieur	Injection de coulis de ciment	
1	Forages subhorizontaux	Evacuation des eaux	Conduite de transport	PE-HD	Ø200 SN 8
2	Enceintes de fouille provisoires	Cellule d'arrivée du forage	Etayage de fouille	Krings ou équivalent	

Figure 12 : produits et systèmes, composants à réaliser

5 Actions

5.1 Parties d'ouvrage à réaliser. Actions selon la norme SIA 261

5.1.1 Actions permanentes

5.1.1.1 Phase de réalisation

Les enceintes de fouille auront une vocation provisoire, uniquement lors la phase de réalisation. Les valeurs utilisées sont identiques qu'en phase d'exploitation (cf. chapitre suivant).

5.1.1.2 Phase d'exploitation

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Poids propre des éléments porteurs		
	Construction en acier	Dimensionnement / calcul statique	Poids propre de l'acier γ_S=78.5 kN/m^3
	Construction en bois	Dimensionnement / calcul statique	Poids propre du bois γ_H=4 à 10 kN/m^3
	Poids propre des éléments non-porteurs		
	Lit de ballast	Dimensionnement / calcul statique	γ_G=18 kN/m^3 d_k=50+10=60 cm g_{Gk}=10.8 kN/m^2
	Traverses en béton	Dimensionnement / calcul statique	2.8 kN/pièce env. 4.8 kN/m de voie
	Rails	Dimensionnement / calcul statique	UIC 60 avec petits fers env. 1.7 kN/m de voie
	Couche de fondation	Dimensionnement / calcul statique	γ_F=20 kN/m^3 d_k=30 cm g_{Fk}=6 kN/m^2

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Surcharge de terre	Dimensionnement / calcul statique	γ_E=20.5 kN/m^3 Epaisseur variable
	Poussée des terres contre les enceintes de fouille		Directive de calcul pour la poussée des terres sur les ponts-cadre pour cadres en béton armé sans articulations fermés ou ouverts avec une portée jusqu'à 15 m, cf. DE-OCF et PAIngB. Poussée des terres au repos, répartition en triangle de la poussée des terres à partir du bord supérieur du ballast jusqu'au bord inférieur de la fondation.
	Sous l'effet de charges permanentes	Dimensionnement / calcul statique	$e_h=K_U$ z γ $K_U=K_0$ (tab. 1 et 3)
	Sous l'effet du poids propre des éléments non-porteurs (surcharge de terre)	Dimensionnement / calcul statique	$e_h=K_U$ q $K_U=K_0$ (tab. 1 et 3)
	Pression hydraulique	Dimensionnement / calcul statique	$\gamma_{w,k}$=10 kN/m^3

Figure 13 : actions permanentes, phase d'exploitation

5.1.2 Actions variables

5.1.2.1 Phase de réalisation

Les enceintes de fouille auront une vocation provisoire, uniquement lors la phase de réalisation. Les hypothèses pour le dimensionnement sont identiques qu'en phase d'exploitation (cf. chapitre suivant).

5.1.2.2 Phase d'exploitation

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Neige		Non pertinent
	Vent		Non pertinent
	Température		Non pertinent
	Trafic ferroviaire		
	Charge due au trafic LM 1	Dimensionnement / calcul statique	Voir sous la rubrique poussée des terres
	Force due au démarrage et au freinage		Non pertinent
	Forces de lacet		Non pertinent
	Forces centrifuges		Non pertinent
	Fatigue structures porteuses avec plusieurs voies, cf. PAIngB	Dimensionnement / calcul statique	LM 1 : q_k=52 kN/m^2 (DE-OCF, art. 26) Largeur 3.0 m et 0.7 m sous PDR Φ=1.0 (SIA 261, ch. 11.2.1.5)
	Poussée des terres résultant des charges dues au trafic ferroviaire		
	Forages subhorizontaux	Dimensionnement / calcul statique	$e_h=K_U$ q_k α avec $K_U=K_0$ LM 1 : q_k=52 kN/m^2 (DE-OCF, art. 26) Largeur 3.0 m et 0.7 m sous PDR Φ=1.0 (SIA 261, ch. 11.2.1.5)

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Enceintes de fouille provisoires	Dimensionnement / calcul statique	$e_h=K_M\ q_k\ \alpha$ avec $K_M=K_{ah}$ LM 1 : q_k=52 kN/m^2 (DE-OCF, art. 26) Largeur 3.0 m et 0.7 m sous PDR Φ=1.0 (SIA 261, ch. 11.2.1.5)

Figure 14 : actions variables phase d'exploitation

5.1.2.3 Coefficients du modèle de charges dues au trafic ferroviaire

Coefficient de classification pour la sécurité structurale :

- α=1.33 pour LM 1 et LM 2, y compris valeurs correspondantes des forces dues au démarrage/au freinage, de la force centrifuge, de la force de lacet et de la poussée des terres résultant de la charge due au trafic ferroviaire ainsi que modèles de charge due au déraillement 1 et 2 ;
- α=1.00 pour LM 3 ;
- α=1.00 pour ouvrages en terre et murs de soutènement (la répartition des forces de lacet doit être prise en compte selon le PVIngS - partie 1) ;
- Fatigue : α=1.00.

Coefficient de classification pour l'aptitude au service :

- α=1.33 pour gauchissements sous LM 1 et LM 2, y compris forces centrifuges correspondantes ;
- α=1.00 pour flèches sous LM 1 et LM 2, y compris forces centrifuges correspondantes ;
- α=1.00 pour ripages relatifs dans le sens vertical pour extrémités de superstructures derrière les culées sous LM 1 et LM 2.

Coefficient dynamique :

- Les actions statiques des modèles de charge 1, 2 et 3 selon la catégorie de ligne seront multipliées par le coefficient dynamique Φ ;
- Pour la poussée des terres due aux charges du trafic ferroviaire, le coefficient dynamique de la charge verticale de remplacement (DE-OCF, art. 26) φ peut être négligé (SIA 261, ch. 11.2.1.5) ;
- Les valeurs des forces dues au démarrage / au freinage, de la force centrifuge, de la force de lacet, de même que les modèles de charges dues au déraillement 1 et 2 ne seront pas multipliés par Φ.

5.1.3 Actions exceptionnelles

5.1.3.1 Phase de réalisation

Les enceintes de fouille auront une vocation provisoire, uniquement lors la phase de réalisation. Les hypothèses pour le dimensionnement sont identiques qu'en phase d'exploitation (cf. chapitre suivant).

5.1.3.2 Phase d'exploitation

Action		Mesures / traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
	Déraillement		Non pertinent
	Poussée des terres résultant de la charge ferroviaire en cas de déraillement (ponts, murs de soutènement, culées, murs en aile)		Non pertinent
	Choc (impact direct)		Non concerné
	Séisme		Non pertinent
	Explosions	Risque accepté	--
	Incendie	Risque accepté	--
	Collisions	Risque accepté	--
	Glissements de terrain **Coulées de boue** **Chute de pierres**	Risque accepté	--

Figure 15 : actions exceptionnelles phase d'exploitation

6 Sécurité structurale

Les preuves de la sécurité structurale doivent être apportées selon les dispositions des normes SIA 260 et 261, 262, 267 et 269.

6.1 Situations de risque et mesures

6.1.1 Phase de réalisation

Élément constructif : enceintes de fouille provisoires (cellule de poussée)

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge		Coefficients
Légende : ST=action permanente, LE=action prépondérante, BE=action concomitante					
A	Trafic ferroviaire	A1 ELU type 1 (stabilité globale)	Non pertinent		
		A2 ELU type 2 (résistance du support)	ST	Poids propre : Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.35 / 0.80
			ST	Poussée des terres	γ_G=1.35 / 0.70
			LE	Trafic ferroviaire : LM1	α=1.00 γ_Q=1.45

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge	Coefficients
		A3 ELU type 3 (résistance du sol de fondation)	Non pertinent	

Figure 16 : vérification de la sécurité structurale, situations de risques phase de réalisation

6.1.2 Phase d'exploitation

Élément constructif : forages subhorizontaux

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge		Coefficients
Légende : ST=action permanente, LE=action prépondérante, BE=action concomitante					
A	Trafic ferroviaire Provisoire	A1 ELU type 1 (stabilité globale)	Non concerné		
		A2 ELU type 2 (résistance du support)	ST	Poids propre : Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.35 / 0.80
			ST	Poussée des terres	γ_G=1.35 / 0.70
			LE	Trafic ferroviaire : LM1	α=1.00 γ_Q=1.45
		A3 ELU type 3 (résistance du sol de fondation)	Non concerné		
		A4 ELU type 4 (résistance à la fatigue)	ST	Poids propre : Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.00
			ST	Poussée des terres	γ_G=1.00
			LE	Trafic ferroviaire : LM1	α=1.00 γ_Q=1.00

Figure 17 : vérification de la sécurité structurale, situations de risques phase d'exploitation

7 Aptitude au service

La justification de l'aptitude au service doit être apportée selon la norme SIA 260, ch. 4.4.4.

7.1 Etats d'utilisation et mesures

7.1.1 Phase de réalisation

Les enceintes de fouille auront une vocation provisoire, uniquement lors la phase de réalisation. La vérification de l'aptitude au service en phase de réalisation est donc peu pertinente.

7.1.2 Phase d'exploitation

Élément constructif : forages subhorizontaux

Situation de risque / dimensionnement		Etat limite	Cas de charge		Coefficients
Légende : ST=action permanente, LE=action prépondérante, BE=action concomitante					
I	Trafic ferroviaire Provisoire	Ia ELS aptitude au fonctionnement Tension annulaire : $\sigma_{Rbz} \leq \sigma_{Rbz,adm}$		Fréquent	
			ST	Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.00
			ST	Poussée des terres	Ψ_1=0.70
			LE	Trafic ferroviaire : LM1	α=1.00 Ψ_1=1.00
		Ib ELS aptitude au fonctionnement Déformation[1] : $w \leq DN/400 \leq w_{adm}$ w_{adm}=2 mm		Fréquent	
			ST	Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs	γ_G=1.00
			ST	Poussée des terres	Ψ_1=0.70
			LE	Trafic ferroviaire : LM1	α=1.00 Ψ_1=1.00

Figure 18 : vérification de l'aptitude au service, états d'utilisation phase d'exploitation

8 Durabilité

Exigences	Mesures	Traitement ultérieur
Collecteur en PE soudé	Soudures à vérifier Curage à réaliser	Contrôles d'exécution Plan de surveillance et d'entretien
Protection contre la corrosion à l'intérieur du tube en acier	L'espace entre le pousse-tube et la conduite disposée à l'intérieur sera injecté au coulis de ciment	Documents d'appel d'offres Contrôles d'exécution
Protection contre la corrosion à l'extérieur du tube en acier	Ajouter à l'épaisseur statiquement nécessaire 10 mm	Documents d'appel d'offres Contrôles d'exécution
Tassement et différence de tassement admise	PEQ CFF Consolidation	Programme de contrôle Surveillance / Méthode d'observation

Figure 19 : exigences et mesures de garantie de la durabilité

9 Risques acceptés

Les risques acceptés sont documentés dans la convention d'utilisation.

10 Autres conditions déterminantes pour le projet

Néant.

[1] Le calcul des déformations sous charges de trafic ferroviaire est déterminant avant remplissage final entre le tube en acier et la conduite en PE.

11 Signatures

11.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33)

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne



Lausanne, le 3 juillet 2025

SBB CFF FFS

12.201.91

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975/1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF		Auteur·e(s) du projet	
Service :	I-AEP-ENG-FB-RWT	Entreprise :	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1
Fonction :	Chef de groupe voie ferrée	Fonction :	Chef de projet général
Nom :	Carlos Gonçalves	Nom :	Stéphane Koessler
Signature :	Carlos Gonçalves 10 juil. 2025 Signature électronique qualifiée · Droit suisse	Signature :	Chef de projet Renens, 10 juil. 2025 SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Traversées des voies sans tranchée
Rapport géotechnique

Index	Création	Vérification	Validation
A	07.05.2025	SK/CG	
B			
C			
D			
E			
F			

12.201.91_Traversées des voies sans tranchée. Rapport géotechnique_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFR omandie
sd ingénierie lausanne sa

Institut Géotechnique

Institut Géotechnique SA Avenue Léopold-Robert 75 2300 La Chaux-de-Fonds
032 846 24 61 info.ne@geo-online.ch www.geo-online.ch

Notice

Notice nº	2024/1, version 2
Projet	Allaman CFF, pousses-tube aux Km 21.735, 21.952 et 22.245
Nº projet	39.0079.001
Lieu, date	La Chaux-de-Fonds, le 16 décembre 2024
Concerne	**Etude et prise de position géotechnique**

1 Généralités

1.1 Contexte et objectif de l'étude

La présente notice concerne la ligne CFF n°150 Lausanne-Genève Aéroport et plus particulièrement le tronçon situé sur la commune d'Allaman. Le projet consiste à réaliser trois traversées sous voies dans l'objectif d'installer des collecteurs d'eau. Les traversées prévues aux Km 21.735, 21.952 et 22.245 sont envisagées sans tranchées par le biais de la technique du pousse-tube. La situation est donnée à l'annexe 1.

Pour déterminer les conditions de réalisation de ces traversées, notre bureau a été mandaté pour définir le modèle géologique-hydrogéologique et les caractéristiques géotechniques associées aux différents terrains qui seront rencontrés. Ces données doivent permettre de répondre plus particulièrement aux problématiques suivantes :

- mode de réalisation des travaux ;
- conditions de réalisation des ouvrages d'entrée et de sortie pour le système retenu ;
- risques associés pour les voies.

L'ensemble doit permettre d'aboutir à une prise de position sur les choix retenus et les recommandations d'exécution associées.

1.2 Documents consultés

[1] Site de la confédération, www.map.geo.admin.ch, notamment atlas géologique de la Suisse, état : novembre 2024

[2] Géoportail du canton de Vaud, https://www.geo.vd.ch/, état : novembre 2024, notamment forages d'archives

[3] Atlas géologique national, feuille N°1242 Morges

Documents transmis par les CFF :

[4] Étude géotechnique du lit de ballast et de l'infrastructure, 2018-064, Ligne : 150 Allaman Voie 1 Km 21.240 – 22.341 et Voie 33 Km 21.362 – 21.443, I-NAT-FW-UGT, 14.10.2020

[5] Plan de situation du projet, n° 5022_1-04-01, du 28.11.2024

[6] Plan des profils en travers du projet, n° 5022_1-07-01, du 28.11.2024

2 Travaux réalisés

Par Institut Géotechnique SA, La Chaux-de-Fonds :
- Réalisation de neuf essais au pénétromètre dynamique, dont trois refaits pour refus prématuré, descendus jusqu'à 8.0 m de profondeur/TN ;
- Pose de cinq piézomètres battus descendant à 4.0m/TN et d'un piézomètre battu descendant à 3.0m/TN;
- Réalisation d'une campagne de mesures piézométriques ;
- Elaboration de trois profils géologiques respectivement aux Km 21.735, 21.952 et 22.245 ;
- Interprétation et détermination des caractéristiques géotechniques des terrains ;
- Compilation des données et rédaction de la présente notice.

La localisation des essais au pénétromètre dynamique et des piézomètres est donnée à l'annexe 1. Les protocoles des essais au pénétromètre dynamique et des mesures piézométriques sont reportés respectivement à l'annexe 3 et à l'annexe 4.

3 Résultats

3.1 Contexte géologique

Selon l'atlas géologique de la Suisse [1], le secteur d'étude se trouve au droit de la moraine de fond et de la moraine remaniée. Ces couches de moraine reposent sur de la molasse d'eau douce inférieure du Chattien. Selon l'atlas géologique [1] et des forages géothermiques à proximité [2], la profondeur de cette dernière peut être estimée à 370 msm (soit environ 50 m sous le projet).

Le secteur d'étude se trouve à 900 mètres environ à l'ouest d'une faille d'importance régionale (cf. figure 1).

Pour les traversées aux Km 21.952 et 22.245, l'atlas géologique [1] documente par ailleurs la présence de drainage dans la partie au sud des voies, très certainement pour éviter une saturation de la moraine sens large.

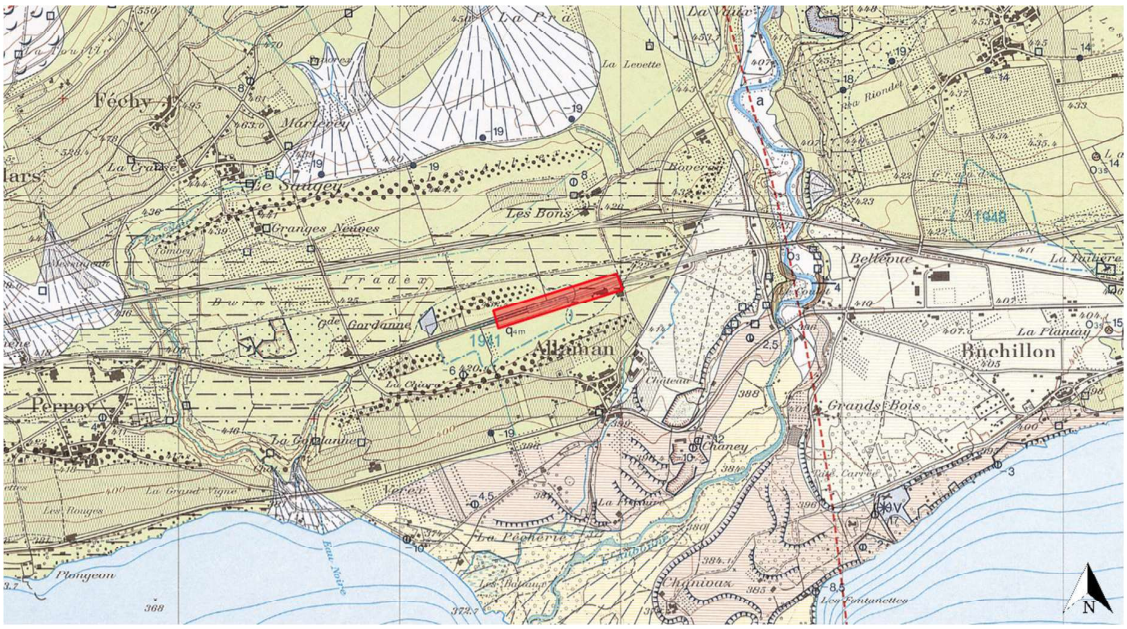


Figure 1:
Extrait de l'atlas géologique national au droit du projet [1]

Encadré rouge : secteur du projet
q4m : moraine, q4m hachuré : moraine remaniée, O_3 : molasse
Trait tillé rouge : faille d'importance régionale

Les essais au pénétromètre dynamique réalisés au droit de la présente étude, les données d'archive [4] ainsi que les sondages déjà réalisés dans le secteur [1] mettent en évidence l'agencement des couches suivantes, avec de haut en bas :

Niveau 0 **Terre végétale**	Limon gravelo-sableux, présence de racines.
Niveau a1 **Remblai CFF**	– Ballast (superstructure) et infrastructure ferroviaire directement sous les voies ; – Corps du remblai composé de graviers limono-sableux.
Niveau a2 **Remblai d'aménage-ments**	Limon sablo-graveleux à grave sablo-limoneuse.
Niveau b **Moraine remaniée**	Limon et/ou sable avec des graviers et de l'argile en proportion variable.
Niveau c **Moraine**	Limon argileux à grave sablo-limoneuse. Occurrence d'éléments plus grossiers (pierres voire blocs).

3.2 Conditions hydrogéologiques

Le projet se situe en secteur Au de protection des eaux [2].

Selon les mesures piézométriques réalisées (cf. annexe 4) et notre retour d'expérience dans ces formations géologiques, dans le périmètre de l'étude il n'est pas attendu de rencontrer de nappe phréatique générale à proprement parler. Cependant, des circulations d'eau dans le niveau de moraine remaniée (b) plus perméable sont attendues. De plus, le contact entre la moraine remaniée (b) et la moraine (c) constitue une zone d'écoulement préférentielle du fait de la différence de perméabilité entre les deux formations.

Cette interprétation est corrélée par les mesures de niveaux d'eau reportés dans les forages d'archives [2].

Les niveaux d'eau devront être confirmés par une nouvelle campagne de mesures, si possible en période de hautes eaux.

3.3 Dangers naturels

Selon [2], le secteur d'étude est situé hors du périmètre des dangers naturels et/ou hors périmètre de la carte des dangers. La carte de l'aléa de ruissellement est donnée ci-dessous :

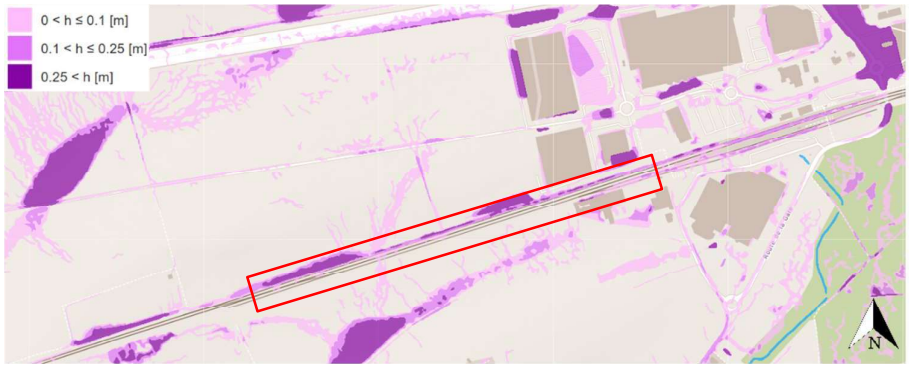


Figure 2:
Extrait de la carte de l'aléa ruissellement [2].

Encadré rouge : voies CFF dans le secteur du projet.
Ruissellement de surface avec hauteur d'eau supérieure à 0.25m en violet foncé, avec hauteur d'eau comprise entre 0.1m et 0.25m en violet clair et avec hauteur d'eau comprise entre 0 et 0.1m en rose.

3.4 Description géotechnique

3.4.1 Niveau 0 /Terre végétale

Lorsqu'il est rencontré, ce niveau devra être totalement décapé ; il ne fait donc pas l'objet d'une description géotechnique.

3.4.2 Niveau a1 / Remblai CFF

La superstructure et l'infrastructure ferroviaire ne sont pas déterminante pour la présente prise de position géotechnique. Ils ne font donc pas l'objet d'une description géotechnique. Seul le corps de la digue CFF est considéré dans ce qui suit.

Composition:	Graviers limono-sableux selon EPD3/24 et EPD5/24.							
Epaisseur et extension:	Corps du remblai uniquement rencontré en EPD3/24 et EPD5/24. Epaisseur variable, digue CFF fonction de la topographie, pas de digue ferroviaire pour la traversée au Km 21.735 (cf. profils en annexe 2).							
Compacité:	Selon EPD3/24 et EPD5/24 : lâche à moyennement dense.							
Valeurs géotechniques estimées / moyennes:	γ	=	20	– 21	kN/m^3			
	ϕ'	=	28	– 32	°, loc. 34° (selon pente digue)			
	c'	=	0	– 2	kN/m^2			
	M_E	=	20	– 40	MN/m^2			
	M'_E/M_E	=	2	– 3				
Valeurs géotechniques recommandées pour le calcul des soutènements:	γ_k	=	20.5		kN/m^3	γ_γ	=	1.0
	ϕ'_k	=	30		°	γ_ϕ	=	1.2
	c'_k	=	1		kN/m^2	γ_c	=	1.5
	$M_{E,k}$	≈	30		MN/m^2			
	$M'_{E,k}/M_{E,k}$	≈	2.5					
Evaluation géotechnique pour le projet:	– Excavable à la pelle rétro, battage possible hors rencontre de blocs, forable.							

3.4.3 Niveau a2 / Remblai d'aménagements

Vis-à-vis du projet, ce niveau n'est déterminant que pour la réalisation des cellules d'entrée pour les différentes traversées à réaliser. Seuls les paramètres déterminant la stabilité sont donc donnés.

Composition:	Selon les forages d'archives [2] et en cohérence avec EPD2/24 : – limon avec beaucoup de sable et de la grave, beige-brun, en partie supérieure ; – grave arrondie, très limoneuse, avec du sable et des pierres, beige-brun.								
Epaisseur et extension:	Niveau correspondant au remblai d'aménagements en dehors des voies ferroviaires. Rencontré en EPD2/24 et dans les deux forages d'archives S1/17 et S2/17 [2] (cf. profils géologiques en annexe 2). Epaisseur pouvant varier fortement tant latéralement qu'en profondeur, en fonction des aménagements.								
Compacité et consistance:	Selon EPD2/24, mou à ferme en partie supérieure dans les terrains à dominante fine, lâche à moyennement dense dans la partie plus graveleuse.								
Valeurs géotechniques estimées / moyennes*:	γ	=	20	–	21	kN/m^3			
	ϕ'	=	26	–	30	°			
	c'	=	0	–	2	kN/m^2			
Valeurs géotechniques recommandées pour le calcul de stabilité:	γ_k	=	20.5			kN/m^3	γ_γ	=	1.0
	ϕ'_k	=	28			°	γ_ϕ	=	1.2
	c'_k	=	1			kN/m^2	γ_c	=	1.5
Evaluation géotechnique pour le projet:	– Excavable à la pelle rétro, battage possible hors rencontre de blocs, forable. – Partie à dominante graveleuse pouvant constituer un plan de travail pour les engins.								

* Associer la valeur maximale de ϕ' avec la valeur minimale de c' et inversement.

3.4.4 Niveau b / Moraine remaniée

Composition:
Sur la base de l'ensemble des données disponibles (pénétromètres, forages d'archives [2] et notice géologique [3]), matériaux à dominante limoneuse et/ou sableuse, proportion variable de graviers et d'argile. Présence possible d'éléments plus grossiers (pierres plus particulièrement).
Humide, potentiellement mouillé.

Epaisseur et extension:
Présent au droit de chacune des traversées sur des épaisseurs variables (cf. profils géologiques à l'annexe 2).
Selon [3], niveau issu du comblement des dépressions par de la moraine délavée par les eaux de ruissellement.

Compacité et consistance:
Sur la base des pénétromètres dynamiques réalisés au droit des traversées :
- Traversée au Km 21.735 : lâche à moyennement dense / très ferme ;
- Traversées aux Km 21.952 et 22.245 : très lâche / très mou à mou.

Valeurs géotechniques estimées / moyennes*:

γ	=	18	–	20	kN/m^3	
ϕ'	=	24	–	30	°	
c'	=	0	–	5	kN/m^2	
M_E	=	3	–	15	MN/m^2	
M'_E/M_E	=	2	–	4		

Valeurs géotechniques recommandées pour le calcul des soutènements:

Pour la traversée au Km 21.735

γ_k	=	19	kN/m^3	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	28	°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	1	kN/m^2	γ_c	=	1.5
$M_{E,k}$	≈	15	MN/m^2			
$M'_{E,k}/M_{E,k}$	≈	3				

Pour les traversées aux Km 21.952 et 22.245

γ_k	=	18.5	kN/m^3	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	25	°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	2	kN/m^2	γ_c	=	1.5
$M_{E,k}$	≈	5	MN/m^2			
$M'_{E,k}/M_{E,k}$	≈	3				

Evaluation géotechnique pour le projet:
- Excavable à la pelle rétro, battage possible hors rencontre de blocs, forable.
- Présence potentielle d'éléments de gros diamètre.
- Matériaux sensibles à l'eau.

* Associer la valeur maximale de ϕ' avec la valeur minimale de c' et inversement.

Compte tenu de la variabilité des caractéristiques de ce niveau, une étude de sensibilité est à mener sur les paramètres pour vérifier l'incidence sur le projet.

3.4.5 Niveau c / Moraine

Composition:
Selon les essais au pénétromètre dynamique et les forages d'archives [2], niveau principalement composé de limon argileux à grave très limoneuse avec proportion variable de sable. Probable présence de pierres voire de blocs selon les essais au pénétromètre dynamique (refus prématuré) et [3].

Epaisseur et extension:
Rencontré sur l'ensemble du projet. Base non reconnue.

Compacité et consistance:
Selon l'ensemble des résultats des essais au pénétromètre dynamique : moyennement dense / très ferme à dur.

Valeurs géotechniques estimées / moyennes*:

γ	=	20	– 22	kN/m^3		
ϕ'	=	26	– 34	°		
c'	=	0	– 10	kN/m^2		
M_E	=	10	– 50	MN/m^2		
M'_E/M_E	=	2	– 4			

Valeurs géotechniques recommandées pour le calcul des soutènements:

γ_k	=	21	kN/m^3	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	32	°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	2	kN/m^2	γ_c	=	1.5
$M_{E,k}$	≈	30	MN/m^2			
$M'_{E,k}/M_{E,k}$	≈	3				

Evaluation géotechnique pour le projet:
- Excavable à la pelle rétro hors occurrence de blocs, risque de refus au battage du fait de la rencontre de pierres/blocs, forable.
- Occurrence forte d'éléments de grande dimension (jusqu'à blocs).
- Occurrence possible de passées plus argileuses, sensibles à l'eau et qui collent sur les outils.

* Associer la valeur maximale de ϕ' avec la valeur minimale de c' et inversement.

4 Recommandations constructives générales

4.1 Projet

Le projet prévoit la réalisation de trois traversées sous les voies aux Km 21.735, 21.952 et 22.245. Il est prévu de réaliser ces traversées par la méthode du pousse-tube.

4.2 Réalisation des ouvrages d'entrée et de sortie pour le pousse-tube

Les ouvrages d'entrée sont situés côté nord ; les cellules de sortie au sud des voies. Selon les profils reportés à l'annexe 2, toutes les cellules nécessitent la réalisation de travaux de terrassement. Les chambres de raccordement / d'entretien seront réalisées dans l'enceinte des cellules de départ et d'arrivées ; ces travaux ne nécessitent pas de terrassement complémentaire.

Les matériaux pourront être excavés à la pelle rétro sans difficulté hors rencontre éventuelle de blocs, avec une occurrence plus forte dans la moraine (c).

La réalisation de talus libres est envisageable, si l'emprise le permet et sous réserve de respecter les indications suivantes :

- Une pente de talus à 2v:3h est prescrite dans les terrains meubles de surface (a1), (a2) et (b) ; elle peut être portée à 1v:1h avec renforcement de talus par exemple de type tranchées en béton filtrant. Dans la moraine (c), une pente de talus à 1v:1h peut être retenue.
- La moraine remaniée (b) peut constituer un plan de faiblesse compte tenu de ses faibles caractéristiques et des circulations d'eau qui se font préférentiellement à la base de ce niveau compte tenu des contrastes de perméabilité. Un contrôle des terrains par un géologue-géotechnicien et une adaptation aux conditions locales sont donc nécessaires en phase exécution.
- Pour des talus de plus de 3 m de hauteur, une berme intermédiaire est à prévoir.
- Des protections vis-à-vis des intempéries, une collecte et évacuation des eaux doivent être mises en place.
- Le stockage est proscrit en tête de talus.
- Les talus sont situés hors emprise de la ligne de diffusion à 2v:3h depuis la traverse extérieure.

Lorsque l'emprise ne le permet pas et/ou lorsque les travaux sont situés dans l'emprise de la ligne de diffusion à 2v:3h depuis la traverse extérieure, une solution de soutènement provisoire est nécessaire. Pour garantir une fiche du soutènement dans la moraine (c), des parois de type berlinoise sont à prévoir et devront être associées à des dispositifs de collecte et évacuation des eaux. Compte tenu de l'occurrence forte d'éléments de grande taille dans (c), il y a un fort risque de refus prématuré avec une solution de palplanches battues.

Dans tous les cas, le dimensionnement des fouilles est du ressort de l'APR et tiendra plus particulièrement compte de la présence des charges ferroviaires en tête et des contraintes de déformations associées au maintien du trafic. Des calculs de stabilité générale seront nécessaires également, conformément à l'OTConst (Art. 76 Justificatif de la sécurité des talus).

Par ailleurs, pour optimiser les ouvrages, il est recommandé de ne pas stocker de matériaux, ni de matériel en tête de talus ou de soutènement.

Selon les profils transmis et comme visible à l'annexe 2, la poussée de la machine mobilisera une réaction dans la moraine (c). L'APR devra donc de vérifier que la butée mobilisable (sans prise en compte de la cohésion) est suffisante par rapport aux efforts à reprendre. Dans le cas contraire, il sera nécessaire de mettre en place un système de répartition des efforts pour diminuer les contraintes. La configuration la plus critique correspond à la traversée au Km 22.245 car située le moins profondément.

4.3 Recommandations pour la réalisation de la conduite de traversée sous voies

Selon les profils reportés à l'annexe 2, la mise en place des conduites est principalement exécutée dans la moraine remaniée (b) et la moraine (c). Le remblai CFF (a1) peut localement être rencontré au niveau des cellules d'arrivée. Les principales contraintes pour le mode de réalisation sont les suivantes :

- Occurrence d'éléments de grande dimension, au sein de la moraine sens large plus particulièrement ;
- Traversée de terrain meuble, (b), de faibles caractéristiques mécaniques ;
- Limitation de l'incidence pour les voies CFF qui doivent rester en service pendant la durée des travaux.

Les méthodes de fonçage et de battage ne sont pas acceptées car elles génèrent des risques dynamiques supplémentaires pour les voies CFF.

Compte tenu du contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique, ainsi que la faible longueur des traversées sous voies, une solution de pousse-tube vériné (=forage horizontal) est adaptée. Les principes sont les suivants :

- L'installation de forage est placée sur le fond de la cellule de départ. La progression se fait par poussée sur le fourreau et simultanément par rotation de la tarière, qui retire les matériaux excavés vers la cellule de départ.
- Les éléments du fourreau sont assemblés à l'avancement, en même temps que la tarière est rallongée à l'intérieur du fourreau. Une fois la cellule d'arrivée atteinte, les éléments de la tarière sont retirés de l'intérieur du fourreau vers l'installation de forage pour être démontés.
- Le fourreau est alors en place pour l'usage prévu.

En cas d'occurrence de blocs, le recours au marteau fond de trou peut être envisagé. Ce point est à inclure lors de la soumission auprès des entreprises spécialisées.

Les recommandations suivantes s'appliquent par ailleurs :

- Selon les dimensions du forage, une épaisseur minimale de recouvrement est prescrite par les CFF sous les voies. Ce point doit être contrôlé par l'APR et validé par CFF ;
- L'exécution des travaux doit être confiée à une entreprise spécialisée disposant d'un personnel expérimenté et d'un équipement adapté.

4.4 Interaction avec les ouvrages existants

4.4.1 Traversée au Km 21.735

Selon les données à disposition et plus particulièrement [5], il n'y a pas de conduites existantes sous les voies à moins de 5 m de la traversée au Km 21.735. Il n'y a donc pas de problématique d'interaction avec des ouvrages existants pour ce secteur.

4.4.2 Traversées aux Km 21.952 et 22.245

Comme reporté sur le plan de situation à l'annexe 1, les traversées aux Km 21.952 et 22.245 sont en interaction avec des conduites existantes. Il faut s'attendre à ce que les conduites aient été mises en place dans une tranchée. Dans ces conditions, les matériaux autour des conduites existantes sont vraisemblablement pulvérulents, avec peu de fines et dans un état de compacité lâche. Il existe donc un risque que ces matériaux s'évident en cas d'interaction avec les travaux pour les nouvelles traversées. Pour éviter ce risque, il est prescrit de maintenir une distance minimale d'au moins 4 m entre l'ancienne conduite et la nouvelle traversée.

S'il reste des incertitudes quant à la position exacte des conduites existantes, celles-ci peuvent faire l'objet d'un repérage avant démarrage des travaux. Par rapport au risque mentionné précédemment, leur situation doit être garantie ; le cas échéant, une entreprise de repérage est à mandater.

Si la conduite existante est mise hors service (donc plus entretenue), il est par ailleurs requis de l'injecter / de la remplir pour éviter toute incidence future sur les voies liée à une dégradation de son état (affaissement par exemple).

4.5 Gestion des eaux

Par rapport au contexte géologique et hydrogéologique, seules des occurrences d'eau à la faveur de chenaux plus perméables sont attendues (pas de nappe à proprement parlé, cf. § 3.2). Du fait du contraste de perméabilité, la présence de venues d'eau plus localisées à l'interface entre la moraine remaniée (b) et la moraine (c) est attendue / avérée (cf. niveaux piézométriques reportés sur les profils à l'annexe 2).

Un contrôle des niveaux piézométriques avant le démarrage des travaux est recommandé.

A l'ouverture des fouilles, il convient donc de disposer de pompes sur le chantier pour collecter et évacuer les eaux. La méthode de pousse-tube vériné pour la réalisation des nouvelles traversées est adaptée en cas d'occurrence de venues d'eau (à pomper en fond de fouille au fur et à mesure).

Pour les traversées au Km 21.952 et 22.245, une attention plus particulière sera portée aux ouvrages de sortie qui s'effectuent pour partie dans la moraine remaniée (b) présentant des caractéristiques mécaniques moindres et le siège de venues d'eau (cf. profils à l'annexe 2).

Le risque d'entrainement des matériaux en cas de venue d'eau et d'affaissement en surface est jugé faible pour les raisons suivantes :

- Petite dimension du diamètre de forage (conduite diam intérieur. 200 mm) ;
- Méthodologie de réalisation du forage avec mise en place d'un tubage à l'avancement ;
- Matériaux pulvérulents pris dans une matrice fine (hors interaction avec les conduites existantes, réglée par une distance minimale entre les conduites existantes et les nouvelles) ;
- Cellules d'entrée permettant de capter une partie des éventuelles venues d'eau provenant du versant ;
- Sens de réalisation des forages dans le même sens que la pente des écoulements.

5 Synthèse et analyse des risques géotechniques

Le tableau suivant synthétise l'ensemble des risques géotechniques identifiés pour le présent projet et les mesures retenues pour les maitriser.

Risque	Occurrence	Gravité	Mesures retenues
Méthodologie du forage	Faible	Moyenne	– Recours à un marteau fond de trou en cas de rencontre de blocs – Pas de contexte de nappe phréatique – Collecte et évacuation des eaux en cas de venues d'eau
Glissement de terrain et déstabilisation des voies	Moyenne (compte tenu de l'emprise des fouilles)	Elevée	– Soutènements provisoires pour toutes les fouilles situées à l'aval des voies – Calculs de soutènement et de stabilité à effectuer par l'APR – Collecte et évacuation en cas d'arrivée d'eau – Surcharges en tête de soutènement proscrites (hors exploitation ferroviaire)
Déstabilisation des voies lors de la réalisation des conduites	Moyenne	Elevée	– Méthodologie de mise en place sans effet dynamique et avec peu de vibrations
Compactage du terrain et soulèvement des voies	Moyenne	Moyenne à élevée	– Epaisseur de recouvrement minimale selon prescriptions CFF à appliquer – Réalisation des travaux par une entreprise spécialisée
Entrainement des matériaux du terrain naturel en cas de venue d'eau et affaissement des voies	Faible	Elevée	– Petite dimension du diamètre de forage – Méthodologie de réalisation du forage avec mise en place d'un tubage à l'avancement – Matériaux pulvérulents pris dans une matrice fine – Fouille d'entrée permettant de capter une partie des éventuelles venues d'eau provenant du versant
Evidement des matériaux autour des conduites existantes, affaissement des voies, voire fontis	Forte si la mesure n'est pas appliquée	Elevée	– Distance minimum de 4 m entre les conduites existantes et les nouvelles traversées
Ecroulement des conduites existantes et affaissement des voies	Forte si la mesure n'est pas appliquée	Elevée	– Remplissage / injection des conduites existantes mises hors service

Tableau 1:
Analyse des risques géotechniques

De manière générale, les travaux doivent être limités au maximum dans le temps pour réduire l'impact sur les installations ferroviaires. Un contrôle des terrains par un géologue-géotechnicien et des niveaux d'eau dans les piézomètres est par ailleurs préconisé pour la phase exécution.

Sur cette base et l'ensemble des données à disposition, nous émettons une prise de position favorable sur les méthodologies et les mesures retenues pour le projet.

Durant toute la phase d'exécution, nous prescrivons par ailleurs la mise en place d'une surveillance des voies pour s'assurer du bon comportement. Les principes suivants s'appliquent :

- Procéder à un relevé géométrique des voies avant démarrage des travaux ;
- Suivi géodésique de points sur les voies, contrôle du dévers ;
- Etat en fin de travaux et contrôles à poursuivre avec une fréquence de relevé qui diminue jusque 3 mois environ après la fin des travaux.

6 Remarques finales

Les indications données dans la présente notice sont valables pour le projet de construction mentionné. Une transposition des assertions à d'autres problématiques ou projets de construction n'est pas autorisée. Les assertions reposent sur des interprétations basées sur des affleurements/sondages isolés. Une révision et une éventuelle adaptation du modèle suite à l'acquisition d'informations complémentaires restent réservées.

Nous recommandons un accompagnement des travaux de développement du projet et de la réalisation par un géologue/géotechnicien (contrôle des fouilles et des niveaux d'eau notamment).

Le projet doit être soumis à la validation par les autorités compétentes.

Pour la notice
Institut Géotechnique SA

ppa. Claude Girardin	ppa. Elodie Brunet-Manquat
Géologue dipl. UNINE	Ing. Polytech'Grenoble

Collaboration au projet :
Rémy Teillon, Ingénieur géotechnique Polytech'Sorbonne
Yann Mittempergher, Géologue UNIL

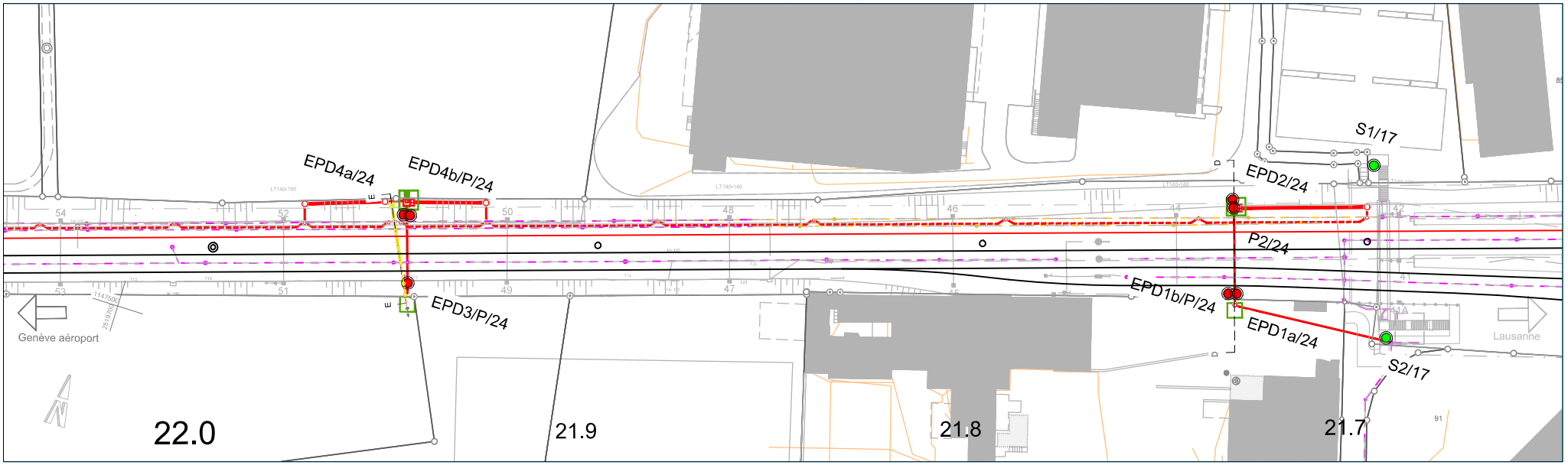
Liste des annexes

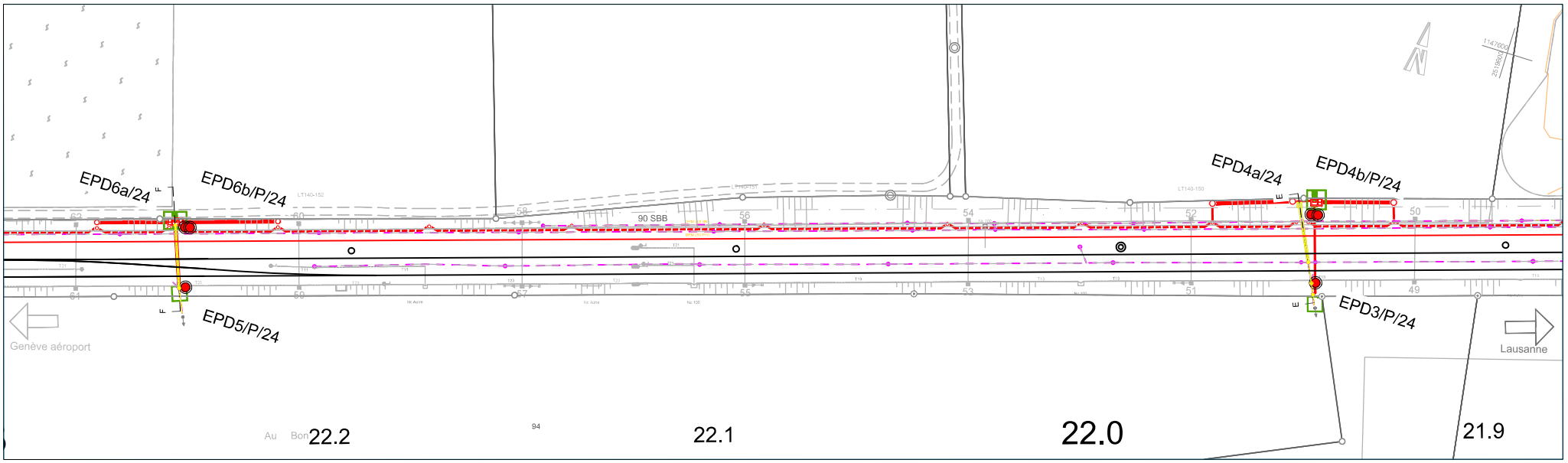
Annexe 1 : Situation 1:1000

Annexe 2 : Profils géologiques 1:100

Annexe 3 : Protocole des essais au pénétromètre dynamique 1:50

Annexe 4 : Mesures piézométriques





Légende

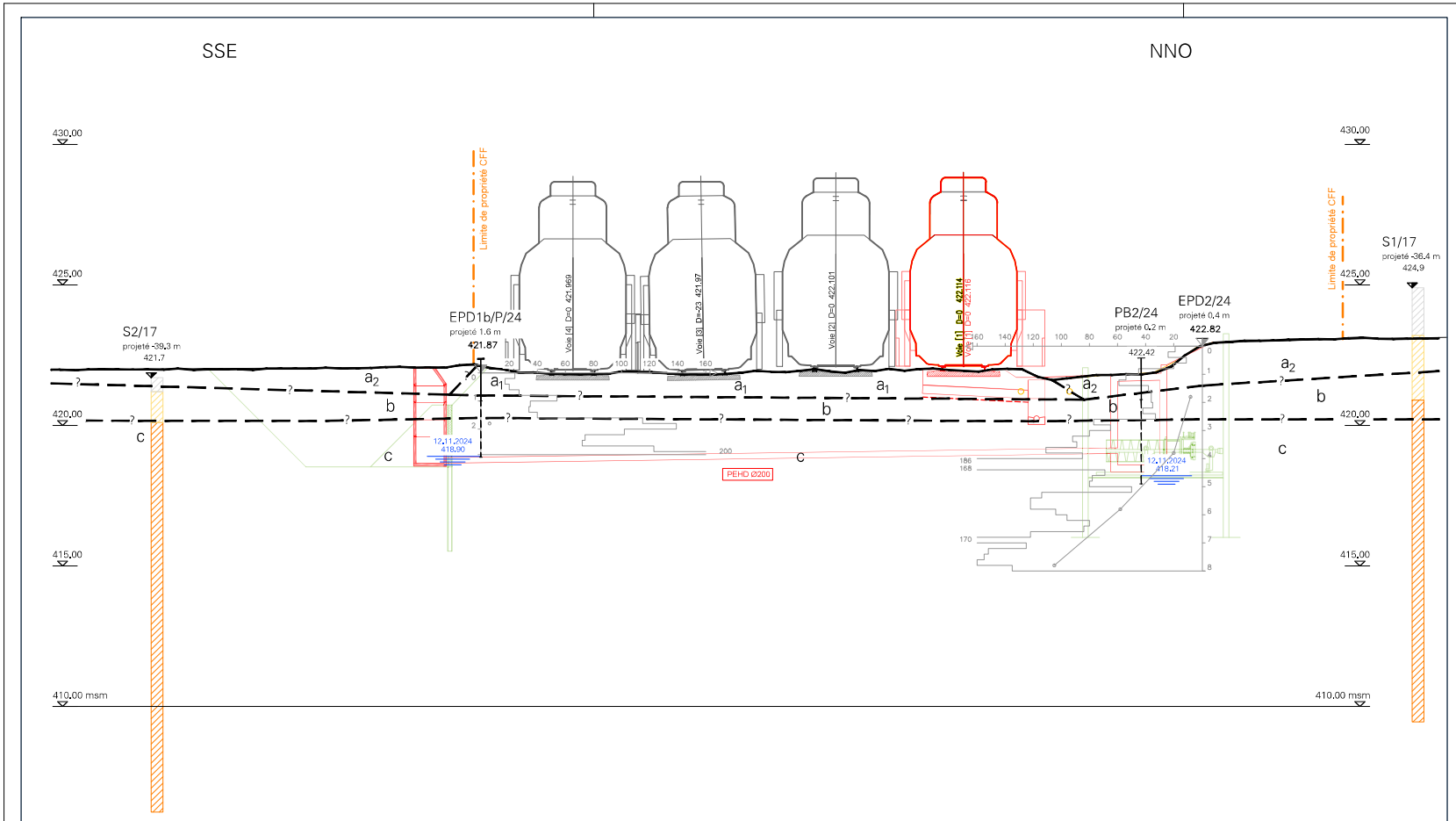
- Sx/17 — Forage carroté d'archive [2]
- EPDx/P/24 — Essai au pénétromètre dynamique et piézomètre battu
- D — D — Profil
- Conduite existante
- Projet selon plan CFF n°5022_1-04-01, du 28.11.2024

Situation

Projet	CFF - Allaman, pousses-tube		
N° de projet	39.0079.001	Echelle	1 : 1'000
N° de plan	Annexe 1	Format	A3
Date / Dessin	10.12.2024 Yami	Révision	elbr

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO-9001
Avenue Léopold-Robert 75 — 032 846 24 61
2300 La Chaux-de-Fonds — www.geo-online.ch

P:\39 La Chx-de-Fds\39_0079_Allaman, pousse-tube CFF\2_base\original\2024-12-02\Situation\CFF\FbE26_ALL-PER_V315_005_PPV_20240619.dwg



Légende

- a_1 Remblai CFF
- a_2 Remblai d'amménagement
- b Moraine remaniée
- c Moraine

Niveau 0 (terre végétale) non représenté

Il est possible que les remblais varient fortement en fonction des infrastructures et de la topographie, cette variabilité ne peut pas être déterminée sur la base des sondages réalisés

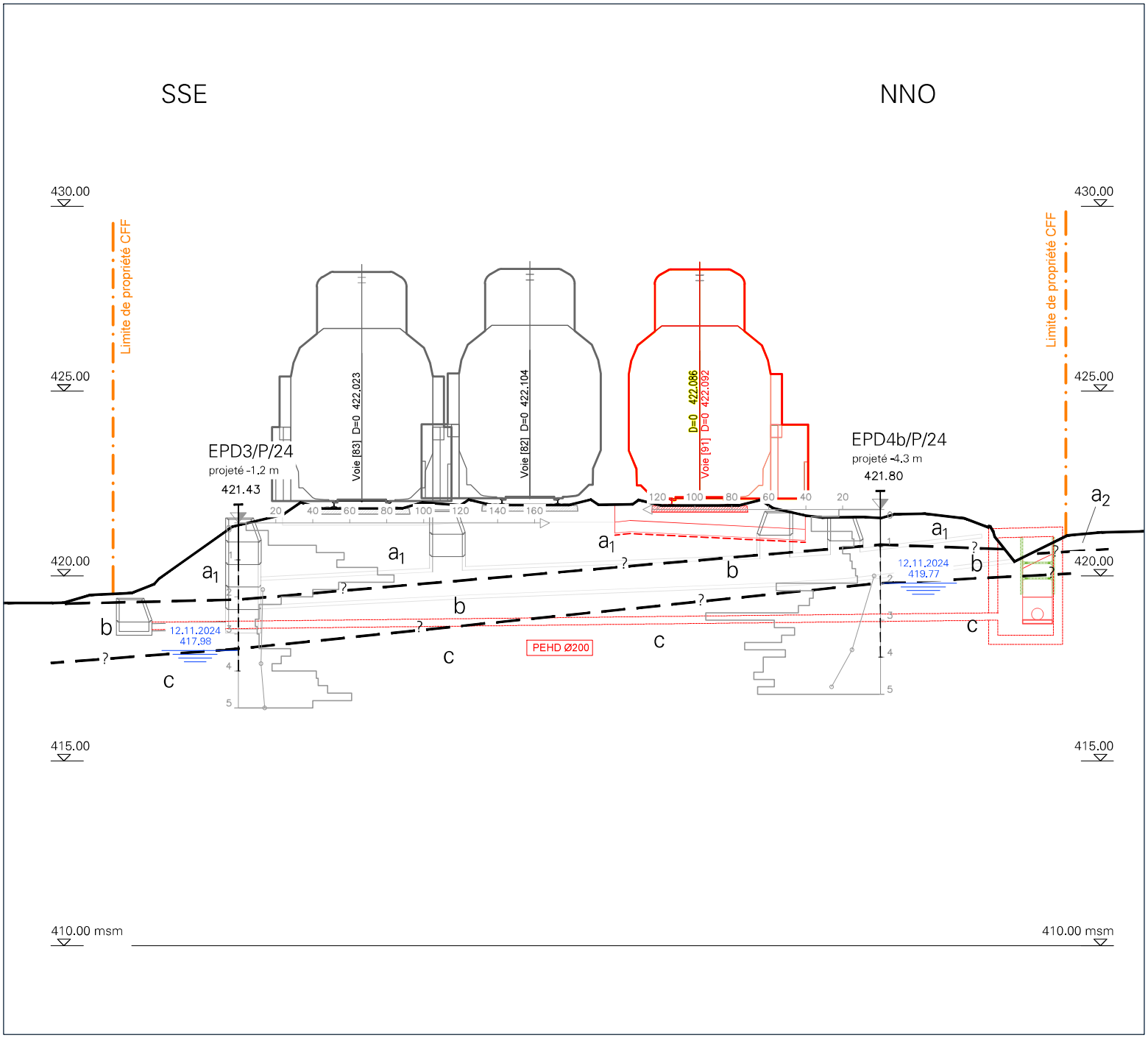
Projet et topographie selon plan CFF n°5022_1-07-01, du 28.11.2024

Profil D - Km 21.735

projet	Allaman, pousse-tube CFF		
N° de projet	39.0078.001	Echelle	1 : 100
N° de plan	Annexe 2.1	Format	620 x 297
Date / Dessin	11.12.24 Yami	Révision	elbr

Institut Géotechnique
Société anonyme
certifié ISO-9001
Avenue Léopold-Robert 75
2300 La Chaux-de-Fonds
032 968 24 61
www.geo-online.ch

P:\39 La Chx-de-Fds\39_0078_Allaman, pousse-tube CFF\2_plan\dwg\profil.dwg



Légende

- a_1 Remblai CFF
- a_2 Remblai d'amménagement
- b Moraine remaniée
- c Moraine

Niveau 0 (terre végétale) non représenté

Il est possible que les remblais varient fortement en fonction des infrastructures et de la topographie, cette variabilité ne peut pas être déterminée sur la base des sondages réalisés

Géologie interprétée parallèlement au profil, au droit des EPD

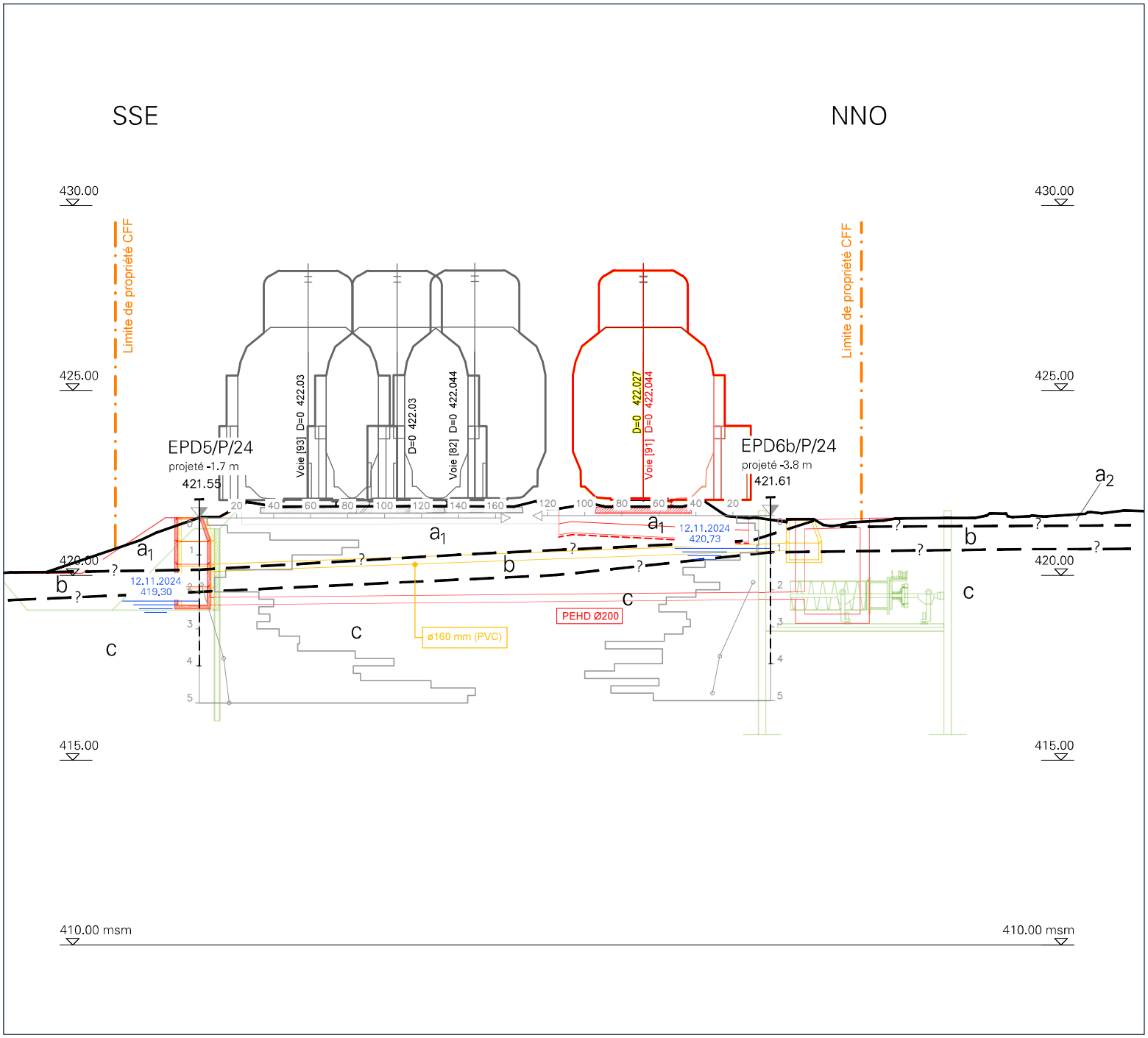
Projet et topographie selon plan CFF n°5022_1-07-01, du 28.11.2024

Profil E - Km 21.952

projet	Allaman, pousse-tube CFF		
N° de projet	39.0079.001	Echelle	1 : 100
N° de plan	Annexe 2.2	Format	A3
Date / Dessin	11.12.24 Yami	Révision	elbr

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO-9001
Avenue Léopold-Robert 75
2300 La Chaux-de-Fonds
032 846 24 61
www.geo-online.ch

P:\39 La Chx-de-Fds\39_0079_Allaman, pousse-tube CFF\2_base\travail\profil.dwg



Légende

- a_1 Remblai CFF
- a_2 Remblai d'amménagement
- b Moraine remaniée
- c Moraine

Niveau 0 (terre végétale) non représenté

Il est possible que les remblais varient fortement en fonction des infrastructures et de la topographie, cette variabilité ne peut pas être déterminée sur la base des sondages réalisés

Projet et topographie selon plan CFF n°5022_1-07-01, du 28.11.2024

Profil F - Km 22.245

projet	Allaman, pousse-tube CFF		
N° de projet	39.0079.001	Echelle	1 : 100
N° de plan	Annexe 2.3	Format	A3
Date / Dessin	11.12.24 Yami	Révision	elbr

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO-9001
Avenue Léopold-Robert 75
2300 La Chaux-de-Fonds
032 846 24 61
www.geo-online.ch

P:\39 La Chx-de-Fds\39_0079_Allaman, pousse-tube CFF\2_base\travail\profil.dwg

Sondage au pénétromètre dynamique EPD1a/24

Mesures effectuées par: Deba

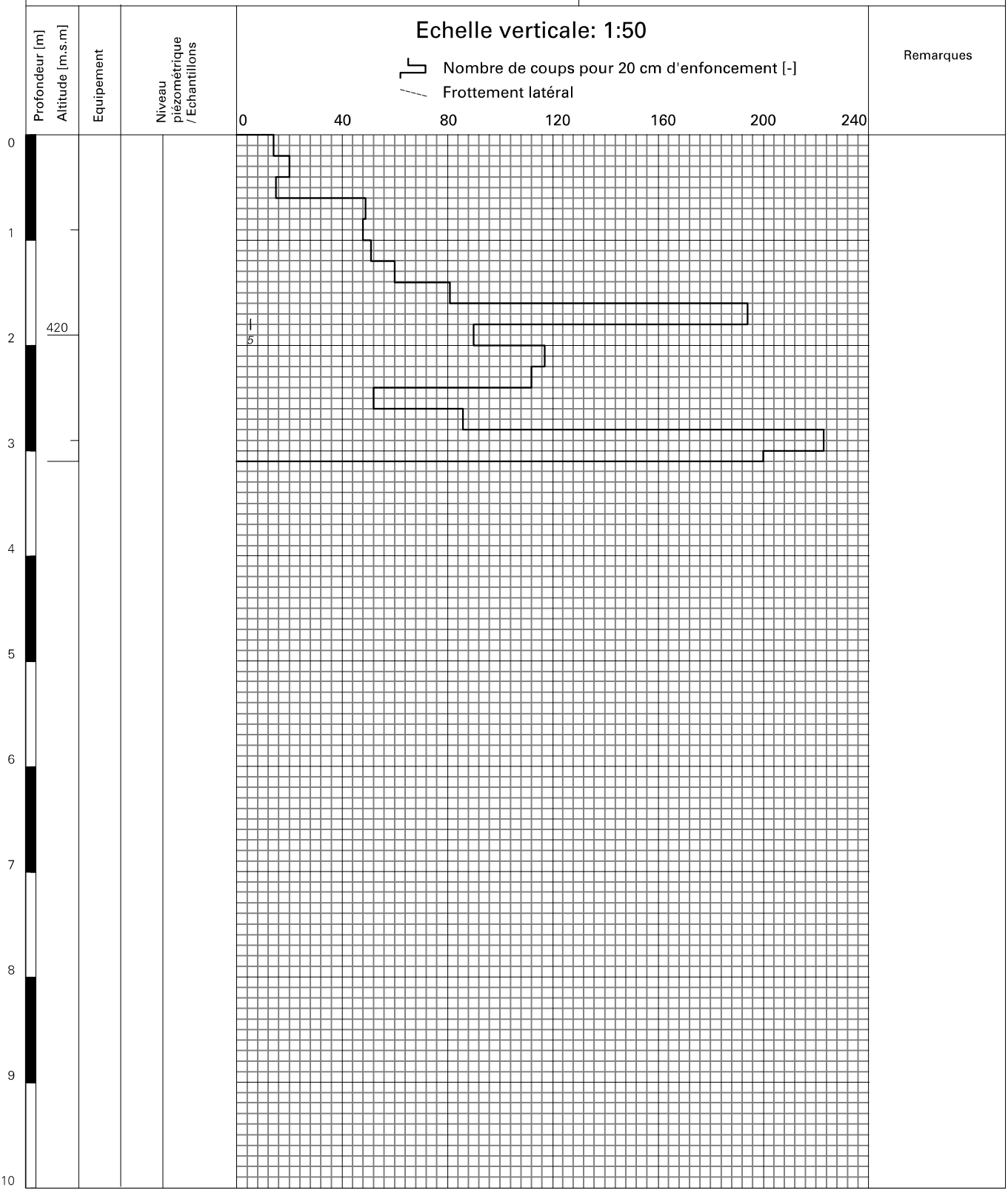
Annexe 3.1a

Maître d'ouvrage:	Chemins de fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	03.10.2024
Coordonnées:	2519977 / 1147590
Altitude [m.s.m]:	421.90

Institut Géotechnique
Société anonyme certifié ISO 9001
Avenue Léopold-Robert 75
2300 La Chaux-de-Fonds
032 846 24 61
www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD1b/24

Mesures effectuées par: Deba

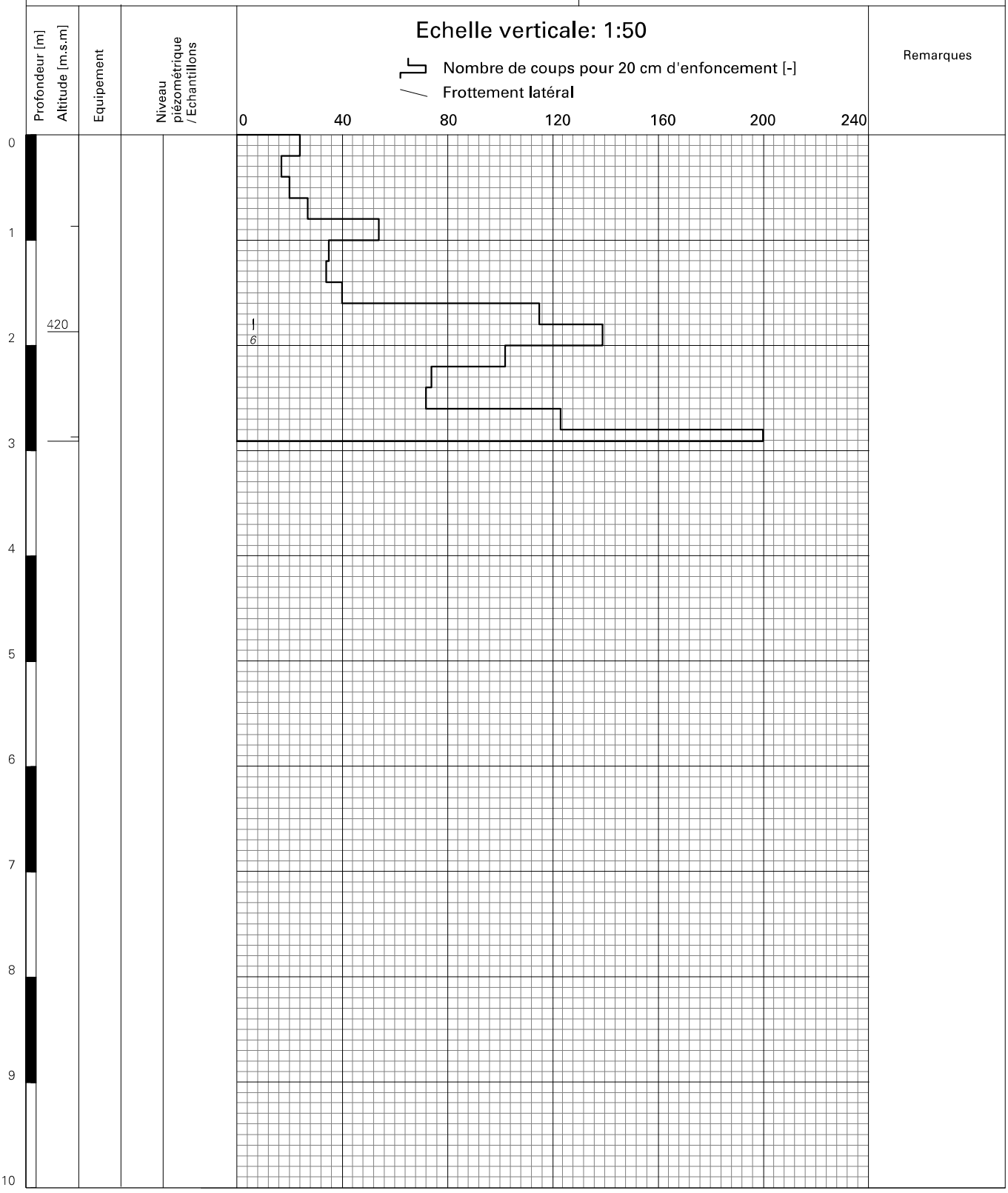
Annexe 3.1b

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	03.10.2024
Coordonnées:	2519975 / 1147589
Altitude [m.s.m]:	421.87

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt — 032 461 20 48, www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD2/24

Mesures effectuées par: Deba

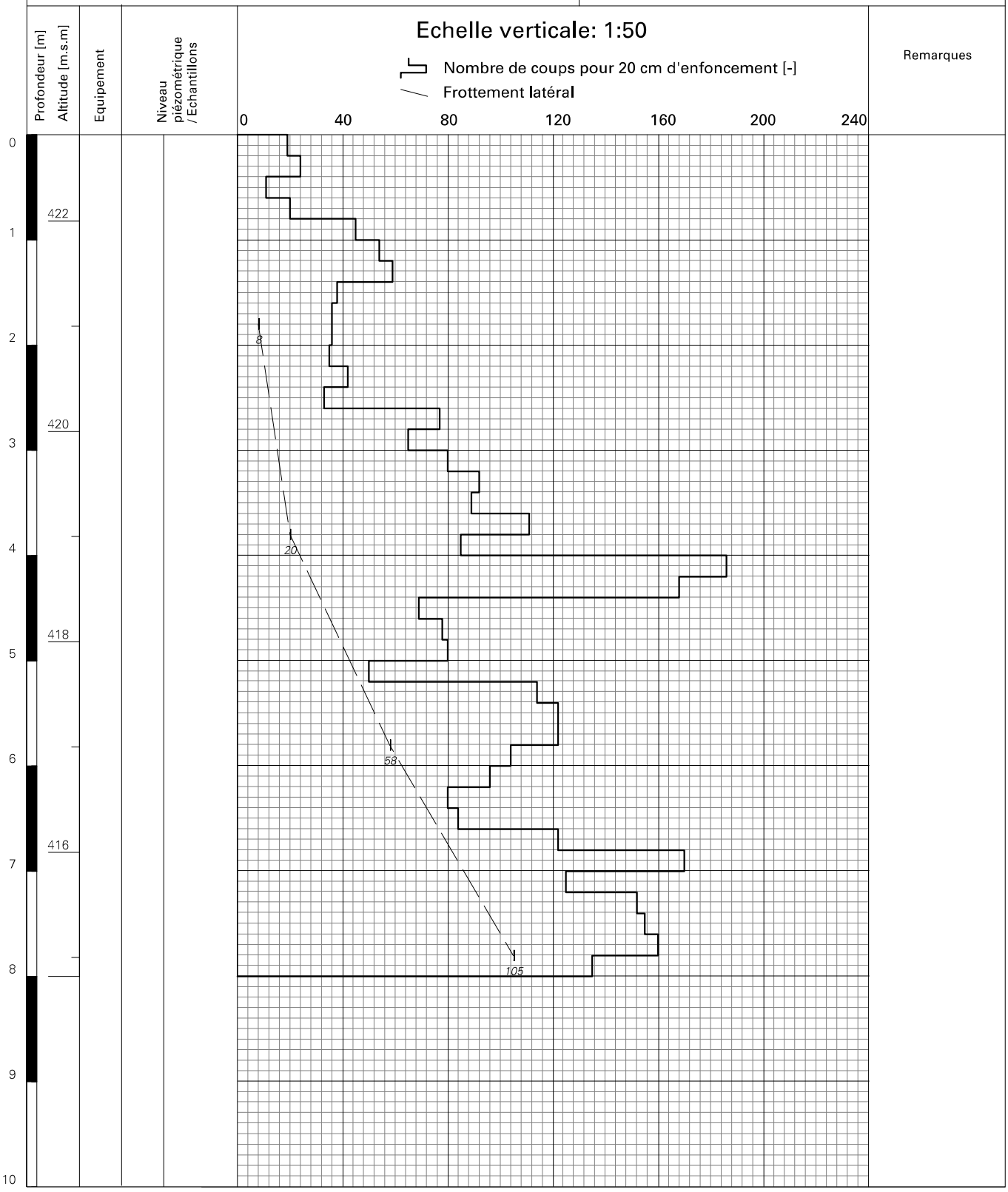
Annexe 3.2

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	03.10.2024
Coordonnées:	2519968 / 1147613
Altitude [m.s.m]:	422.82

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt
032 461 20 48
www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD3/24

Mesures effectuées par: Yami

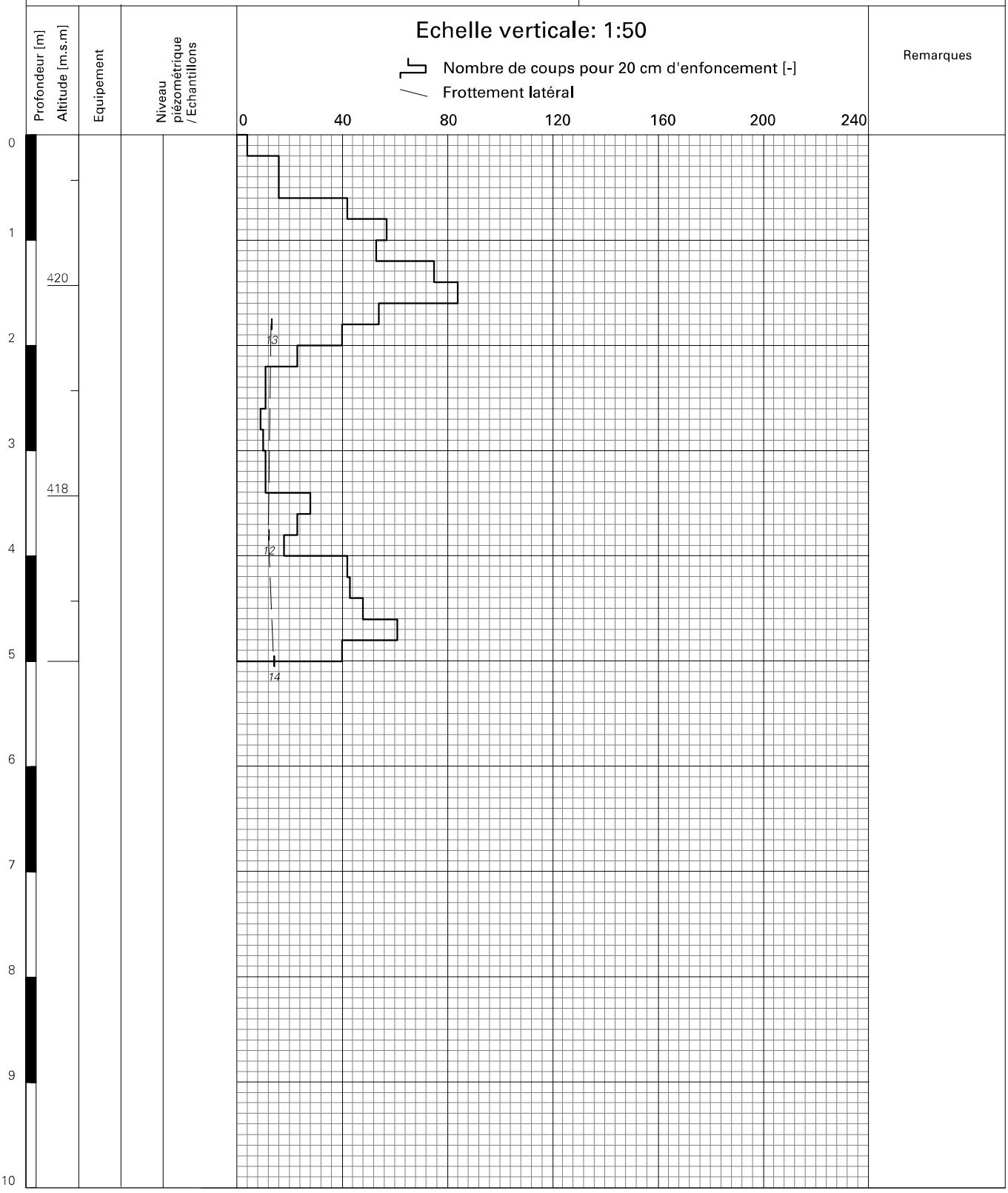
Annexe 3.3

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	02.10.2024
Coordonnées:	2519770 / 1147528
Altitude [m.s.m]:	421.43

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt
032 461 20 48
www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD4a/24

Mesures effectuées par: Deba

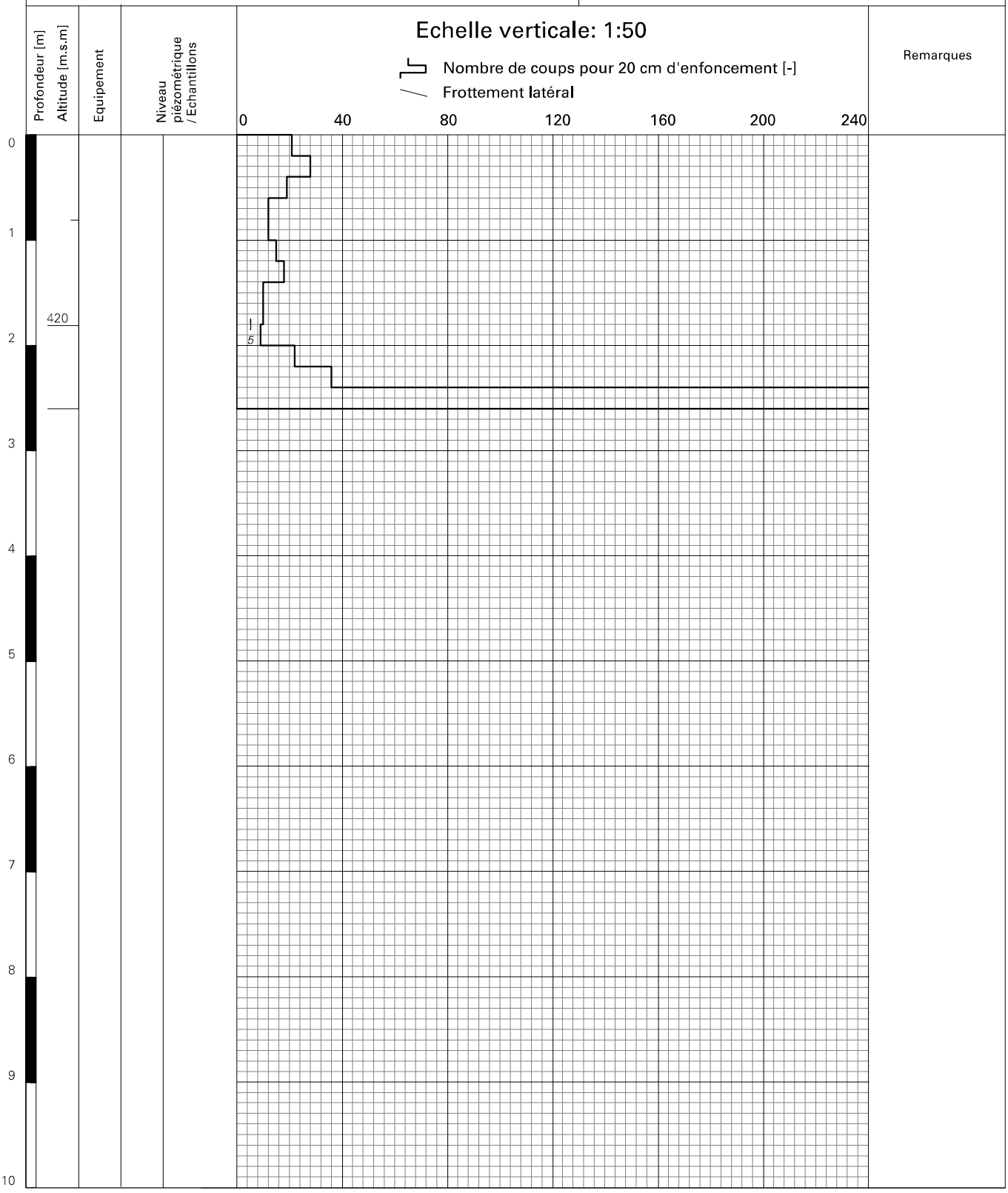
Annexe 3.4a

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	02.10.2024
Coordonnées:	2519764 / 1147545
Altitude [m.s.m]:	421.81

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt — 032 461 20 48, www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD4b/24

Mesures effectuées par: Deba

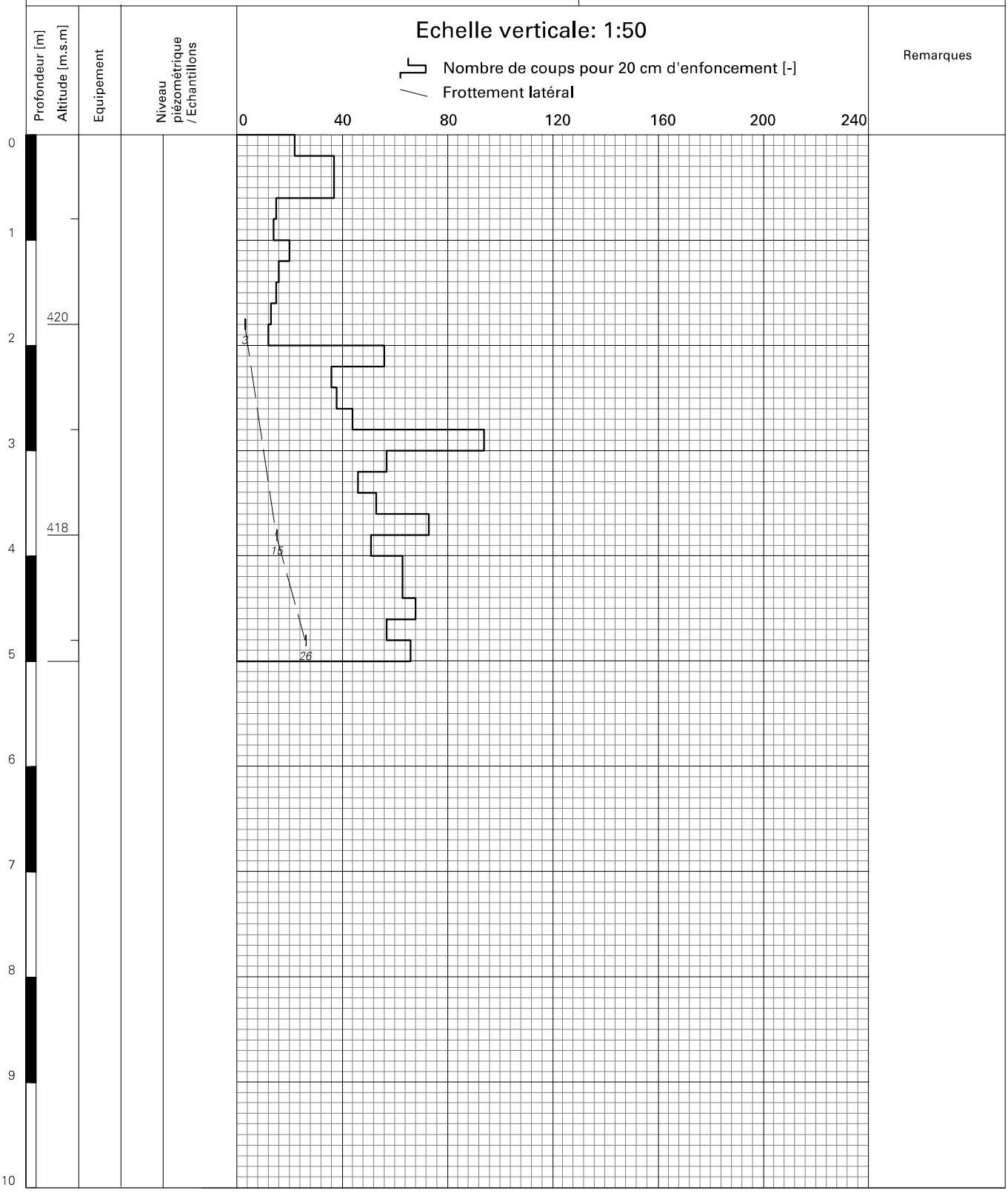
Annexe 3.4b

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	02.10.2024
Coordonnées:	2519766 / 1147545
Altitude [m.s.m]:	421.80

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt
032 461 20 48
www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD5/24

Mesures effectuées par: Yami

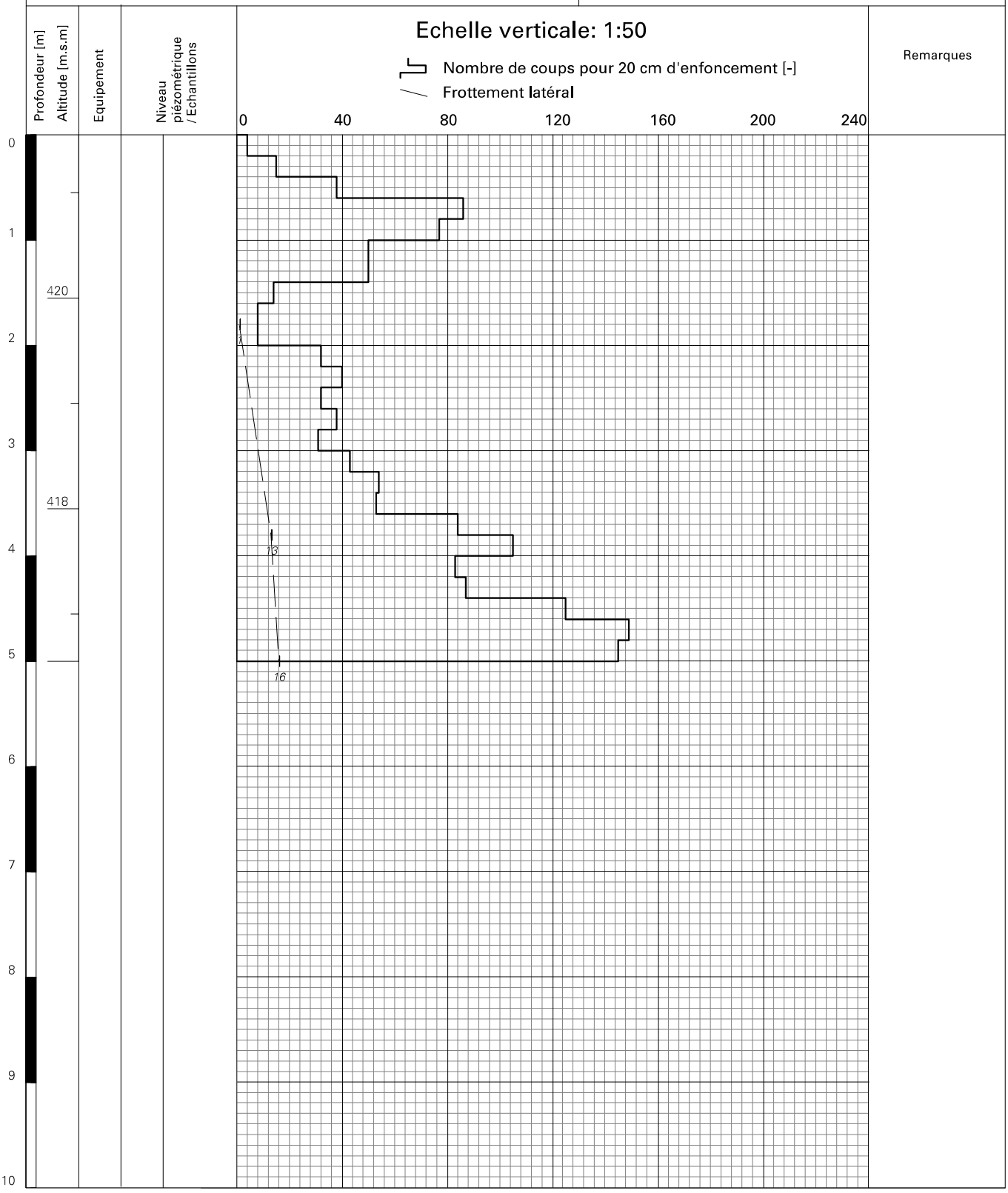
Annexe 3.5

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	02.10.2024
Coordonnées:	2519490 / 1147440
Altitude [m.s.m]:	421.55

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt
032 461 20 48
www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD6a/24

Mesures effectuées par: Deba

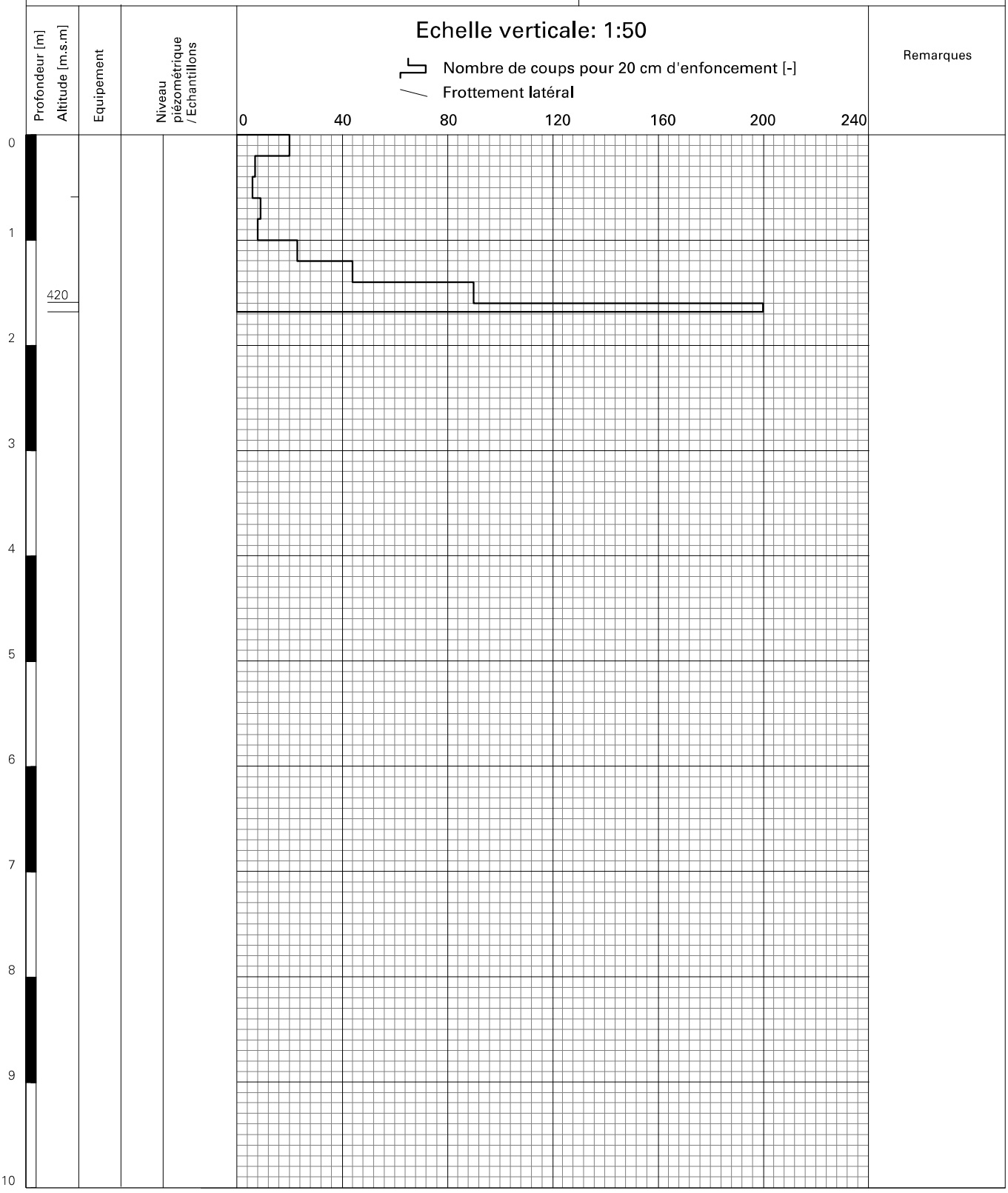
Annexe 3.6a

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	02.10.2024
Coordonnées:	2519485 / 1147454
Altitude [m.s.m]:	421.59

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt — 032 461 20 48, www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Sondage au pénétromètre dynamique EPD6b/24

Mesures effectuées par: Deba

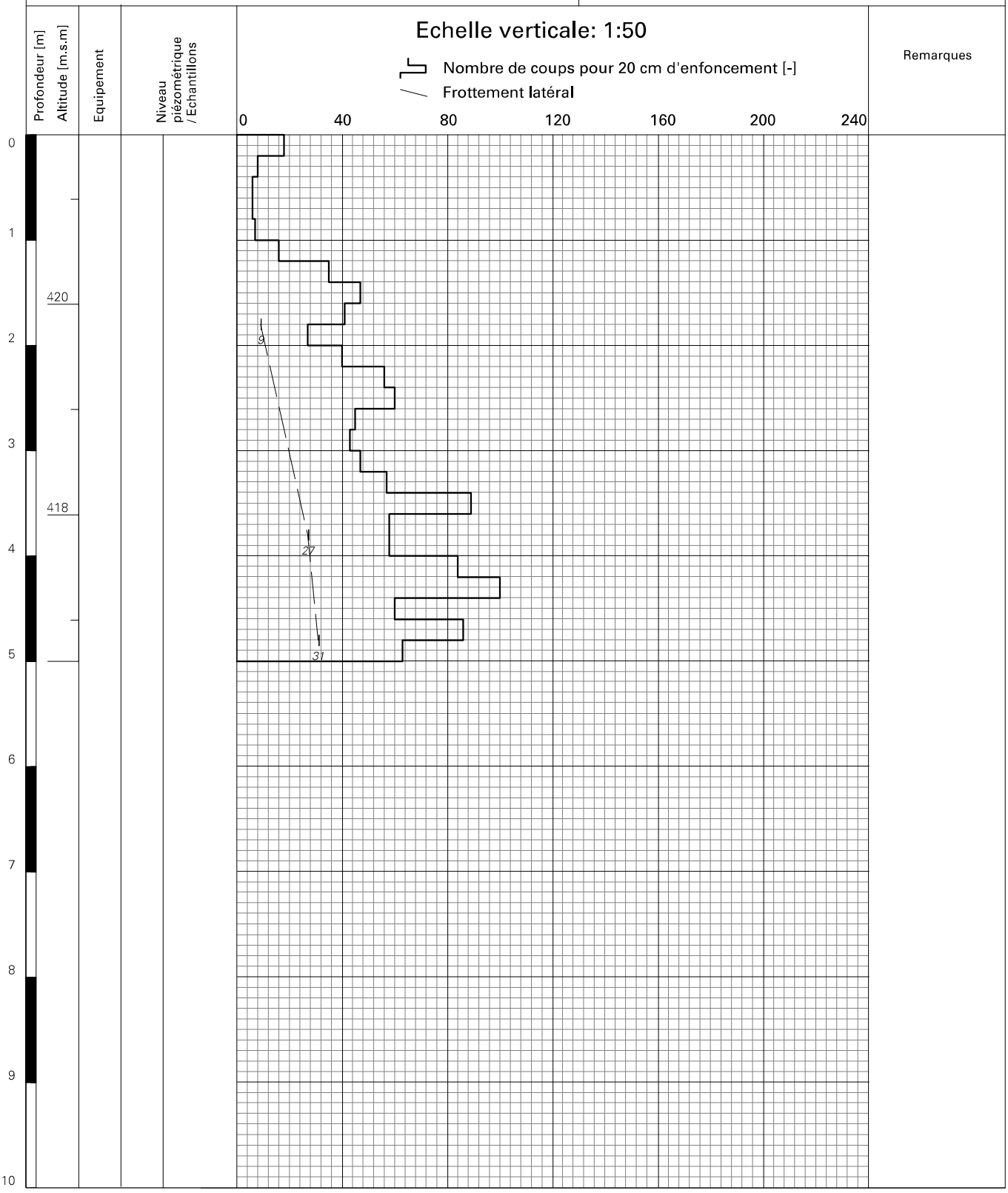
Annexe 3.6b

Maître d'ouvrage:	Chemins de Fer Fédéraux
Appareil:	VM, Section de la pointe 10 cm2
Spécifications:	Masse: 30.0 kg, Hauteur de chute 0.20 m
Date d'éxecution:	02.10.2024
Coordonnées:	2519487 / 1147455
Altitude [m.s.m]:	421.61

Institut Géotechnique
Société anonyme — certifié ISO 9001
Rue du Vieux Moulin 4, 2854 Bassecourt
032 461 20 48
www.geo-online.ch

N° de projet: 39.0079.001

Projet: Allaman, pousse-tube CFF



Institut Géotechnique
Av. Léopold Robert 75
2300 La Chaux-de-Fonds
032 486 24 61
info.ne@geo-online.ch

Mesures piézométriques

Annexe 4.

IG-No.: 39.0079.001 **Projet:** Allaman, pousse-tube

Mesures

Durée de mes.

Intervalle de mes. ☐ journalier ☐ hebdomadaires ☐ toutes les deux semaines

P = Tube plein
C = Tube crépiné
H = Hors-sol
D = Distance du sommet du tube jusqu'au niveau piézométrique [m]
Alt Tu = Altitude du sommet du tube [msm]
Alt Te = Altitude du terrain [msm]
CP = Cote piézométrique [msm]

Mesure	**PB1/24**		**PB2/24**		**PB3/24**		**PB4/24**		**PB5/24**	
	P =	1.50 m	P =	1.50 m	P =	1.50 m	P =	1.50 m	P =	1.50 m
	C =	2.00 m	C =	3.00 m	C =	3.00 m	C =	3.00 m	C =	3.00 m
	Alt Te =	421.87 m	Alt Te =	421.92 m	Alt Te =	421.43 m	Alt Te =	421.80 m	Alt Te =	421.55 m
	H =	0.50 m	H =	0.50 m	H =	0.50 m	H =	0.50 m	H =	0.50 m
	Alt Tu =	422.37	Alt Tu =	422.42	Alt Tu =	421.93	Alt Tu =	422.30	Alt Tu =	422.05

Date	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]
12.11.24	3.47	418.90	4.21	418.21	3.95	417.98	2.53	419.77	2.75	419.30

Institut Géotechnique
Av. Léopold Robert 75
2300 La Chaux-de-Fonds
032 486 24 61
info.ne@geo-online.ch

Mesures piézométriques

Annexe 4.

IG-No.: 39.0079.001 **Projet:** Allaman, pousse-tube

Mesures

Durée de mes.

Intervalle de mes. ☐ journalier ☐ hebdomadaires ☐ toutes les deux semaines

P = Tube plein
C = Tube crépiné
H = Hors-sol
D = Distance du sommet du tube jusqu'au niveau piézométrique [m]
Alt Tu = Altitude du sommet du tube [msm]
Alt Te = Altitude du terrain [msm]
CP = Cote piézométrique [msm]

Mesure	**PB6/24**									
	P =	1.50 m	P =		P =		P =		P =	
	C =	3.00 m	C =		C =		C =		C =	
	Alt Te =	421.61 m	Alt Te =		Alt Te =		Alt Te =		Alt Te =	
	H =	0.50 m	H =		H =		H =		H =	
	Alt Tu =	422.11	Alt Tu =	000.00	Alt Tu =	000.00	Alt Tu =	000.00	Alt Tu =	000.00
Date	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]	D [m]	CP [msm]
12.11.24	1.38	420.73								

SBB CFF FFS

12.201.06

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF		Auteur·e(s) du projet	
Service :	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Entreprise :	sd ingénierie lausanne sa
Fonction :	Chef de projet général	Fonction :	Chef de projet
Nom :	Stéphane Koessler	Nom :	François Yerly
Signature :		Signature :	

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa
Lausanne, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Traversées des voies sans tranchée
Note de calcul

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	LK/FY	
B			
C			
D			
E			
F			

12.201.06_Traversées des voies sans tranchée. Note de calcul_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Avant-propos

Une note de calculs distincte doit être établie pour chaque type d'installation. Un regroupement de différents types d'installations est possible et vaut p. ex. l'alimentation en eau, le drainage, les ponts, les tunnels et galeries (incl. tranchées couvertes), les écrans antibruit, les murs de soutènement, les ouvrages en terre. Ceci doit toutefois être défini au préalable en concertation avec I-NAT-KBN.

Le document doit être vérifié et complété à chaque phase de projet considérée. Les modifications doivent être effectuées directement dans le document original selon le code de couleurs suivant :

- Avant-projet : **noir**
- Projet de construction/mise à l'enquête : **vert**
- Projet d'exécution : **rose**

Afin de pouvoir comprendre les modifications au premier coup d'œil, la liste des révisions doit être rempli.

Liste des révisions et des modifications spécifiques au projet

Version	Date	Auteur	Remarques
A	03.07.2025	LK/FY	Version originale
B			
C			
D			
E			
F			

Table des matières

1 Introduction 4
1.1 But et périmètre d'étude 4
1.2 Phasage de réalisation 4
2 Bases 4
2.1 Géométrie 4
2.2 Normes 4
3 Sols de fondations 4
4 Enceinte de fouille (paroi berlinoise) 5
4.1 Donnée de la paroi 5
4.2 Géométrie 5
4.3 Système statique et hypothèses de modélisation 6
4.4 Matériaux 6
4.5 Actions 7
4.6 Situation de risque 7
4.7 Vérifications ELU 8
4.8 Vérifications ELU et ELS des butons et longrines 11
4.9 Vérifications ELU et ELS des carrelets en bois 15
4.10 Vérifications ELS 15
5 Poussée passive sur paroi de fouille 16
5.1 Poussée sur la paroi de fouille 16
5.2 Frottement du tube sur le sol : (ancienne méthode pour calcul des pieux) 17
6 Pousse-tube en acier 18
6.1 Donnée du pousse-tube 18
6.2 Géométrie 18
6.3 Rigidité 18
6.4 Actions 18
6.5 Sécurité structurale 20
6.6 Aptitude au service 21
6.7 Fatigue 22
6.8 Synthèse 23
7 Conclusion 23
8 Signatures 24
8.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33) 24

Annexes

[1] Rapport de dimensionnement ZSoil, sd ingénierie lausanne sa (2025)

1 Introduction

1.1 But et périmètre d'étude

La présente note de calculs repose sur la convention d'utilisation et la base de projet du dossier PAP, pièces 12.101.04 et 12.101.05. Elle consiste aux vérifications statiques du tuyau du pousse-tube, de l'enceinte de fouille de la cellule poussée ainsi que de la réaction à la poussée de la cellule de poussée. Et ce dans le cas le plus défavorable des trois traverses et est donc applicable individuellement à chacune.

1.2 Phasage de réalisation

Les points élémentaires liées au phasage et au dimensionnement sont décrits ci-après :

Dans un premier temps, le terrassement sera réalisé au sein d'une enceinte de fouille, soutenue par une paroi parisienne et stabilisée à l'aide de butons. Cette enceinte de dimension 5 m x 5 m x 3.5 m de profond servira ensuite pour la cellule de poussée.

Une fois le pousse-tube et son tube en PE en place, deux chambres seront créées de part et d'autre du tube et les enceintes seront refermées.

2 Bases

2.1 Géométrie

Après analyse des variantes (sécurité structurale) et selon les prescriptions du rapport géotechnique, le choix s'est porté sur une paroi berlinoise pour réaliser les cellules de poussée des différents pousses-tube.

La géométrie en plan des 3 fouilles est identique et le dimensionnement de la fouille la plus profonde est calculée.

La paroi entour les quatre côtés de la fouille de la cellule de poussée.

La paroi est vérifiée en 2 sections critiques représentant d'une part le cas du passage d'un train sur la paroi adjacente au rail et dans l'autre cas le coté de la fouille.

2.2 Normes

Voir convention d'utilisation

3 Sols de fondations

Selon les logs de forage établi dans le rapport géotechnique préalable, le soutènement évolue dans des couches de remblais de qualité variable et est fiché dans de la moraine. Aucune nappe n'est pas présente dans le secteur concerné par les fouilles.

La géologie suivante est considérée (cf Figure ci-contre) :

- Remblais (a2)
- Moraine altérée (b)
- Moraine (c)

Des venues d'eau ont également été relevées dans le sondage en question, mais sous forme de ruissellement dans la couche b et donc sont ignorés pour les calculs de la paroi.



Figure 1 : Couches de sols

4 Enceinte de fouille (paroi berlinoise)

4.1 Donnée de la paroi

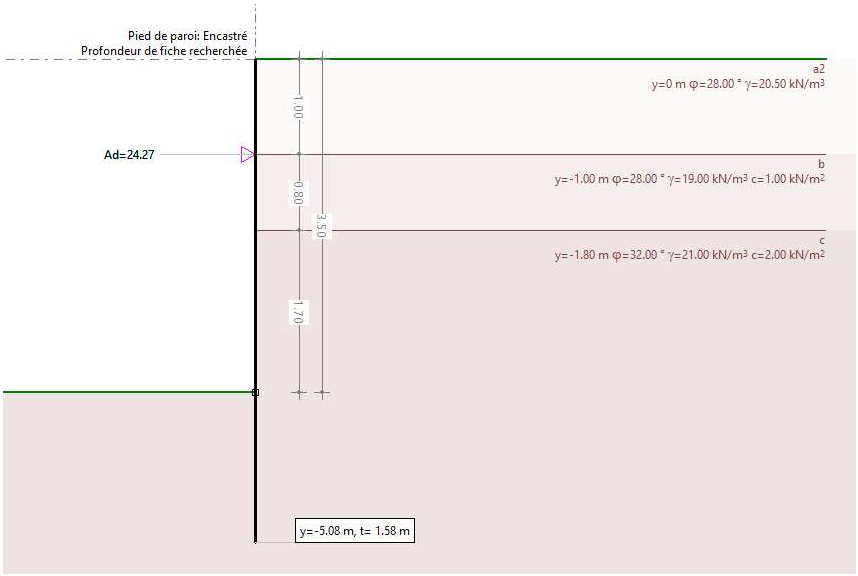


Figure 2: Donné de la paroi

4.2 Géométrie

La géométrie de la fouille est un carré de 5m de côté. Sa profondeur max est de 3,5m.

L'enceinte de fouille est soutenue par des butons présents en rouge sur la figure ci-dessous.

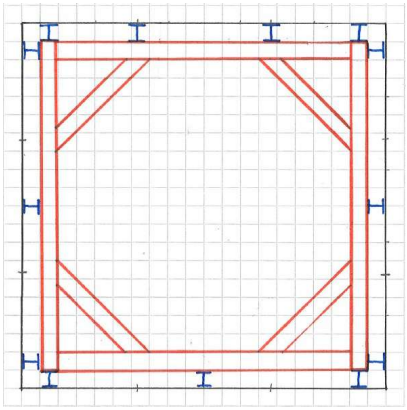


Figure 3 : Concept des butons

4.3 Système statique et hypothèses de modélisation

Le soutènement consiste en une paroi berlinoise butonnée et fichée en pied. La phase déterminante pour le dimensionnement de la paroi est l'excavation finale.

4.3.1 Paramètre de la paroi

Les paramètre de paroi suivant sont considérés :

- Angle de frottement sol-paroi : $\delta_k = \frac{2}{3} \cdot \varphi_k$
- Dimension des profilés : HEB 160 :160mm
- Rigidité flexionnelle : HEB 160 : 5229 cm^4

4.3.2 Actions négligées

Les actions suivantes sont négligées :

- Choc de train — Hors trafic, action accidentelle – ouvrage provisoire
- Séisme — Action accidentelle – ouvrage provisoire
- Neige — Situation provisoire – construction en été
- Trafic routier de paroi — Eloignement horizontale supérieur à 5m de la tête

4.3.3 Considération

Prise en compte d'une poussée de terre active, malgré le très faible mouvement en tête due aux butons.

4.4 Matériaux

Les matériaux utilisés pour les vérifications sont décrits par éléments ci-dessous.

Profilés en acier :

- Type de profilés : HEB 160
- Nuance d'acier : S235
- Module d'Young : E_s = 210'000 MPa

Butons :

- Type de profilés : HEA 160
- Nuance d'acier : S235
- Module d'Young E_s = 210'000 MPa

Carrelets en bois :

- Essence de bois : C24 massif
- Épaisseur 120 mm
- Module d'Young E_s = 11'000 MPa
- Résistance en flexion $f_{m,d}$ =14.1 N/mm^2
-

4.5 Actions

4.5.1 Action permanentes

- Poids propre (transitoire et durable) – généré automatiquement par le logiciel
- Poussée des terres au fond de fouille
  - q_d = 23.1 kN/m^2

4.5.2 Actions variables

- Traffic ferroviaire à voies normales (SIA 261 11.2.1.4 - 5, modèle de charge 1 plus défavorable).
  - q_k = 52 kN/m^2 (250kN/(1.6m*3m)) agissant à 60cm sous traverses
  - Coefficient dynamique : négligé (SIA 261 11.2.1.5)

4.6 Situation de risque

Situation de risque à l'ELU- trafic ferroviaire (Situation de projet transitoire).

4.6.1 Vérifications

1) Résistance de la paroi à la flexion et à l'effort tranchant ELU2
2) Résistance interne des butons et des longrines ELU2
3) Résistance des carrelets à la flexion ELU2
4) Résistance passive de la paroi à la réaction du pousse-tube ELU1
5) Déformation des sols ELS

4.6.2 Coefficients

Actions :			
ELU 2 :	$\gamma_{G,inf}$ = 1.35	$\gamma_{G,sup}$ = 1.35	γ_Q = 1.45
Résistance :			
Sol	γ_γ = 1	γ_ψ = 1.2	γ_M = 1.4
Matériaux :	γ_c = 1.5	γ_s = 1.15	γ_M = 1.35

4.6.3 Applications des charges

Les valeurs de dimensionnement des charges sont appliquées selon les principes de la norme SIA 261. Les schémas d'application des charges sont visibles ci-dessous.

4.6.3.1 Coupe AA : côté des voies

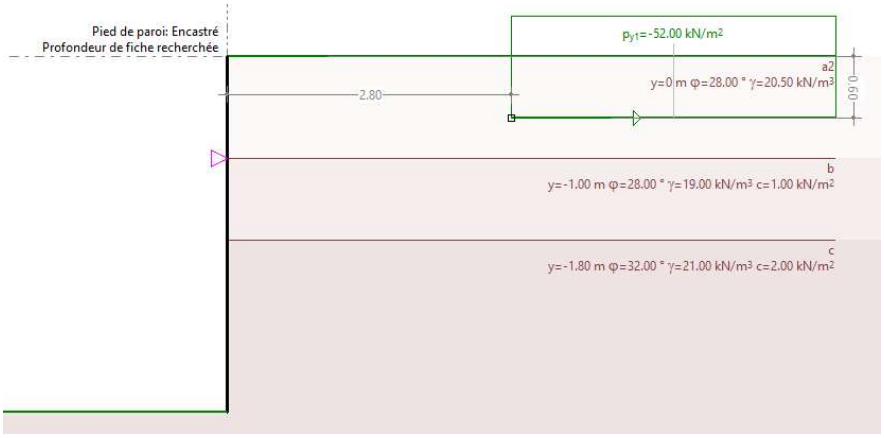


Figure 4 : Schéma de la disposition des charges

4.6.3.2 Coupe BB :

La coupe BB est identique à la coupe ci-dessus, à l'exception de la charge de train qui n'est pas présente.

4.7 Vérifications ELU

4.7.1 Données

Le dimensionnement de la paroi à générer les géométries suivantes des coupes critiques :

Coupe AA :

- Type de profilé : HEB 160
- Longueur de profilé : 5.08 m
- Entraxe : 1.25 m
- Profondeur des butons : 1.0 m
  - Butons d'angles : HEA 160
  - Longrines : HEA 160

Coupe BB :

- Type de profilé : HEB 160
- Longueur de profilé : 5.97 m
- Entraxe : 2.5 m
- Profondeur des butons : 1.0 m
  - Butons d'angles : HEA 160
  - Longrines : HEA 160

4.7.2 Efforts intérieurs

4.7.2.1 Coupe AA : côté des voies

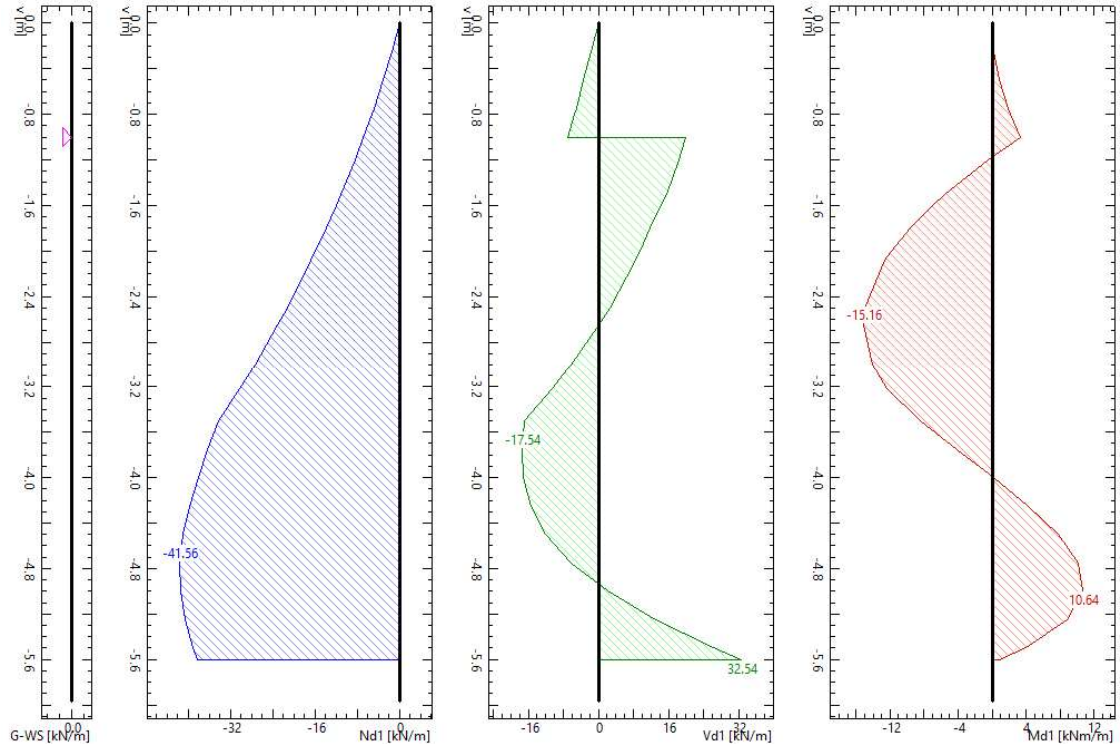


Figure 5 : Efforts interne des profilés, coupe AA

4.7.2.2 Coupe BB :

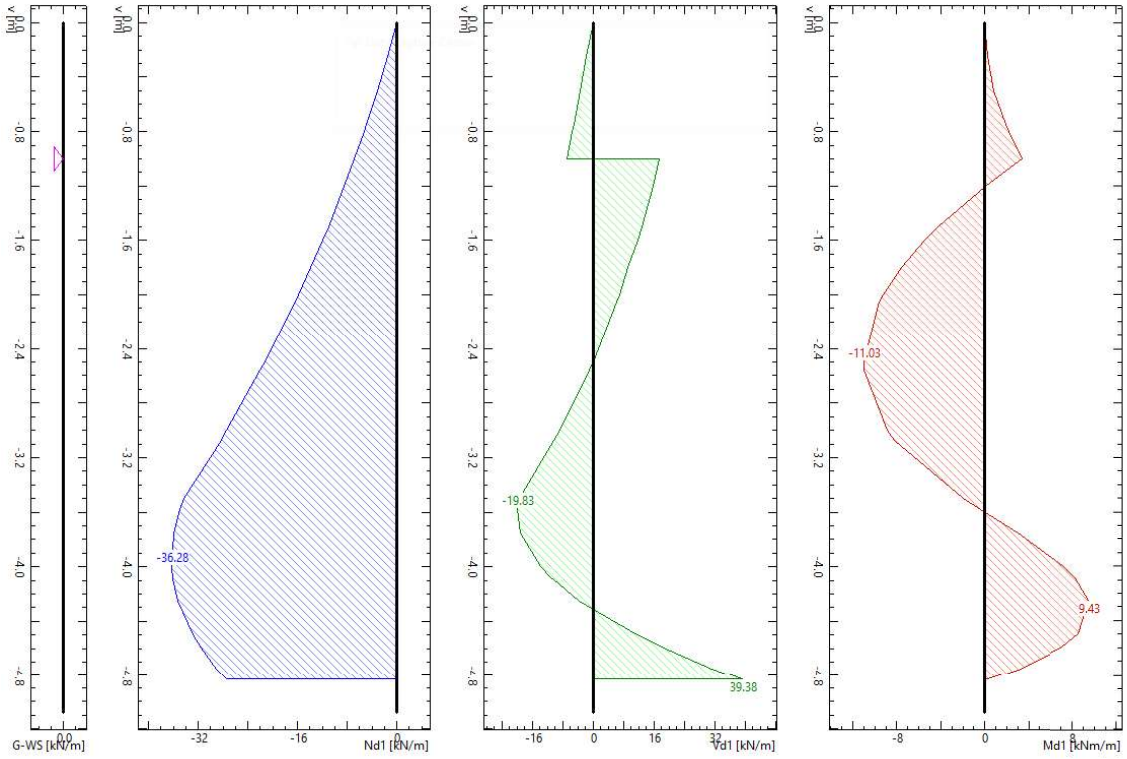


Figure 6 : Efforts interne des profilés, coupe BB

Efforts internes :

N_d = 36.3kN	N_{Rd} = 1214 kN	M_d = 11.0 kNm	$M_{D,Rd}$ = 79.2 kNm
V_d = 39.4kN	V_{Rd} = 226 kN		L_D = 2.5 m

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{{L_{K,y}}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210'000 \cdot 24.9e6}{(0.7 \cdot 2'500)^2} = 16.8MN \gg N_{Rd}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{K,Rd}} + \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}}} \cdot \frac{\omega \cdot M_{Ed}}{M_{D,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{D,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{36.3}{1214} + \frac{11}{79.2} = 0.17 \ll 1 \quad \checkmark$$

4.8 Vérifications ELU et ELS des butons et longrines

4.8.1 Charges

Les butons travaillent selon le modèle de cadre ci-dessous. Les charges s'appliquant sur les profilés HEB160 sont les réactions d'appuis données par le logiciel, majorés des facteurs dû à leur largeur d'influence.

Les efforts linéaires sont de :

- $A_{d,AA}$ = 25.75 kN/m
- $A_{d,BB}$ = 26.89 kN/m

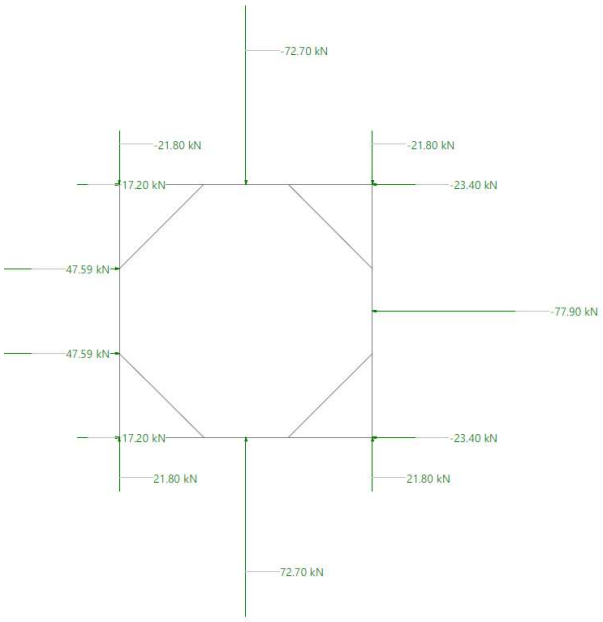


Figure 7 : Chargement des butons et longrines

4.8.2 Efforts internes

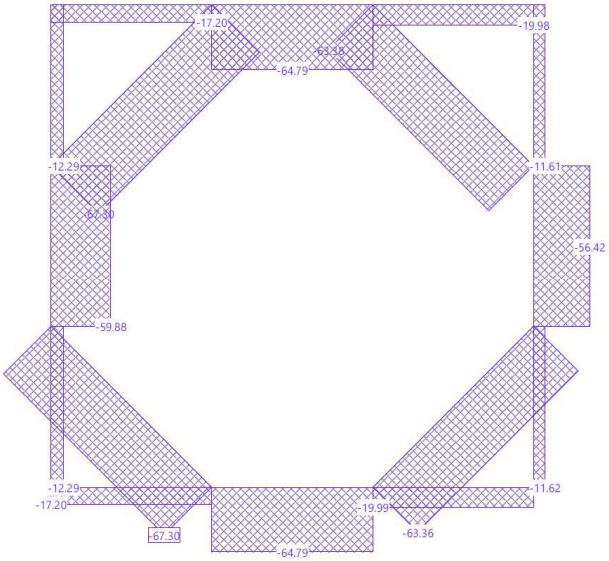


Figure 8 : Effort normal dans les butons et longrines

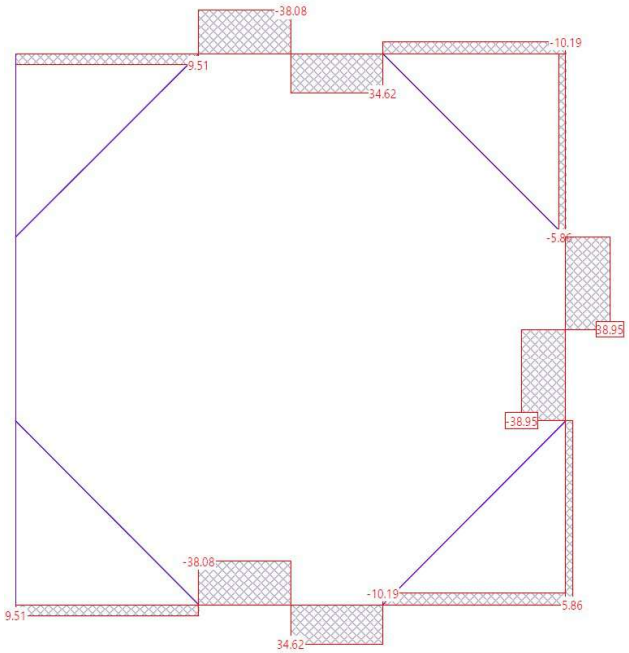


Figure 9 : Effort tranchant dans les butons et longrines

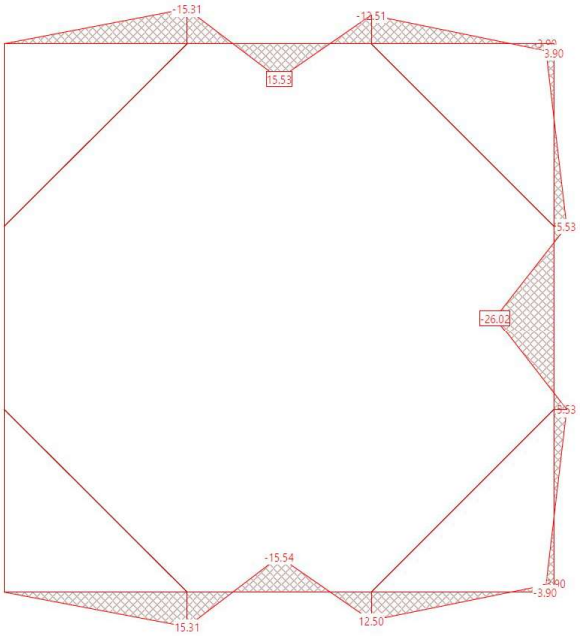


Figure 10 : Moments de force dans les butons et longrines

Vérifications ELU			
Longrines		Butons d'angle	
N_d = 64.8 kN	N_{Rd} = 868 kN	N_d = 67.3 kN	N_{Rd} = 868 kN
V_d = 39.0 kN	V_{Rd} = 170 kN	V_d = 0 kN	V_{Rd} = 170 kN
M_d = 26.0 kNm	M_{Rd} = 54.9 kNm	M_d = 0,2 kNm	$M_{z,Rd}$ = 26.3 kNm
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$		$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$	
$\frac{64.8}{868} + \frac{26.0}{54.9} = 0.55 \ll 1$ ✓		$\frac{67.3}{868} + \frac{0.2}{26.3} = 0.09 \ll 1$ ✓	

Les déformations maximales sont de 1.72 mm au niveau des voies, ce qui est largement inférieur au 10mm max imposés par les CFF (cf. § 4.10).

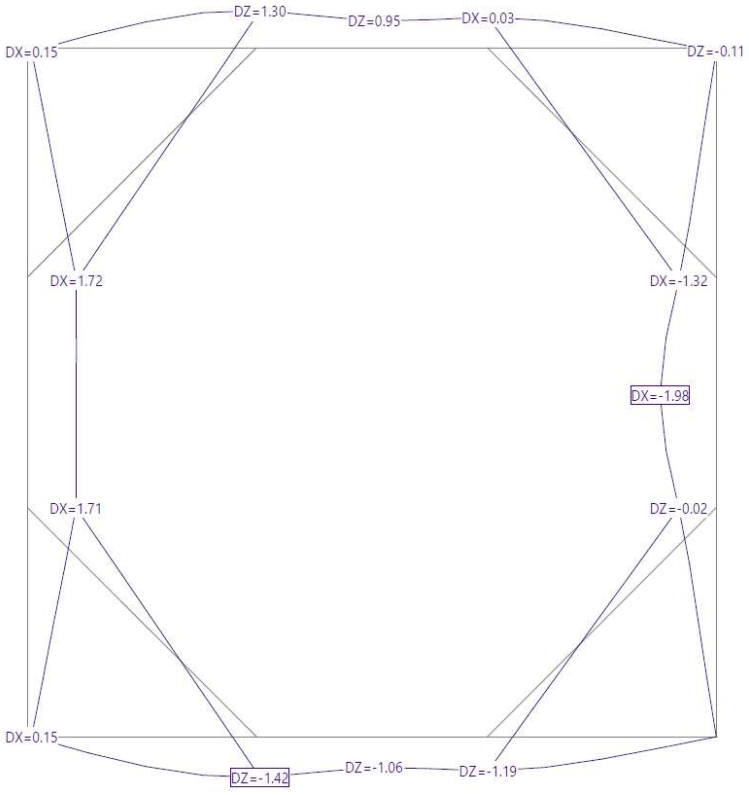


Figure 11 : Déformations dans les butons et longrines

4.9 Vérifications ELU et ELS des carrelets en bois

Les carrelets en bois sont exposés aux conditions climatiques extérieur et leur résistance est donc diminué avec le facteur η_w = 0.6. Le facteur de durée d'application des charges η_t = 1.

$$I = \frac{h \cdot b^3}{12} = 144e6\ mm^4$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.4e6\ mm^3$$

$$M_d = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = \frac{23.1 \cdot 1.25^2}{8} = 5.25 kNm/m$$

À l'abord des voies (Coupe AA)	Autres côtés (Coupe BB)
Entraxe : l = 1.25m	Entraxe : l = 2.5m
$M_d = \frac{a_d \cdot l^2}{8} = 4.5\ kNm/m$	$M_d = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = 18.0\ kNm/m$
$\sigma_{md} = \frac{M_d}{W} = 1.88\ N/mm^2$	$\sigma_{md} = \frac{M_d}{W} = 7.50\ N/mm^2$
$f_{m,d} \cdot \eta_w \cdot \eta_t = 14.1 \cdot 0.6 \cdot 1 = 8.46\ N/mm^2$	$f_{m,d} \cdot \eta_w \cdot \eta_t = 14.1 \cdot 0.6 \cdot 1 = 8.46\ N/mm^2$
$\sigma_{md} = 1.88\ \frac{N}{mm^2} \leq f_{m,d} \cdot \eta_w \cdot \eta_t = 8.46\ \frac{N}{mm^2}$ ✓	$\sigma_{md} = 7.50\ \frac{N}{mm^2} \leq f_{m,d} \cdot \eta_w \cdot \eta_t = 8.46\ \frac{N}{mm^2}$ ✓
$w_c = \frac{2 \cdot 5 \cdot q_d \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = 0.93\ mm$	$w_c = \frac{2 \cdot 5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = 14.8\ mm$

4.10 Vérifications ELS

On vérifie l'état de service selon la directive CFF I-50009.

On considérera que pour un déplacement horizontal inférieur à 1 cm et tête de paroi, les tassements verticaux en amont de la paroi (sous voies) sont négligeables et ne nécessite pas d'intervention de remise à niveau (bourrage). Les déformations sur les 3 autres côtés n'ont pas une grande importance et une déformation de 2 cm est admise.

Ci-dessous les enveloppes de déformations horizontales le long de la paroi.

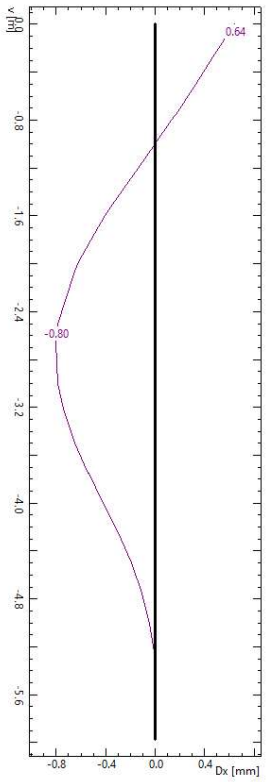


Figure 12 : Déformations de la paroi au droit de la coupe AA

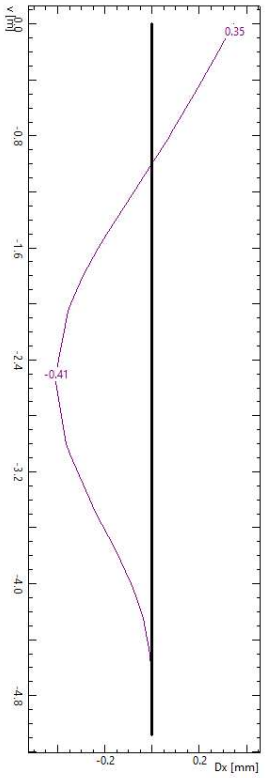


Figure 13 : Déformations de la paroi au droit de la coupe BB

Les vérifications sont toujours garanties pour un taux d'exploitation $n = \frac{w_d}{w_{adm}}$ inférieur à 1.

Les déformations sont majorées par les distances d'influences et les entraxes entre les profilés.

Résumé des vérifications à l'ELS					
Vérifications :	Déformation horizontale max.	Déformation max. des carrelets en bois	Déformation admissible	Taux d'exploitation	
Vérification de l'état de service (coupe AA)	1.1*1.25*0.80 = 1.10 mm	0.93 mm	10 mm	0.203	✓
Vérification de l'état de service (coupe BB)	1.25*2.5*0.41 = 1.28 mm	14.8 mm	15 mm	0.99	✓

5 Poussée passive sur paroi de fouille

5.1 Poussée sur la paroi de fouille

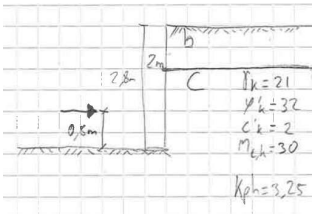


Figure 14 : Schéma de la poussée sur la paroi

K_{ph} : 3.25 selon SIA 261 annexe B

Pour le calcul de la résultante de réaction de poussée passive du sol, la cohésion n'est pas prise en compte.

A des fins de simplification de calcul, la surcharge de terrain de mauvaise qualité (b) est aussi ignorée.

Poussée des terres passive						
Profondeur [m]	**$\sigma_v = \sigma_v'$**	**u**	**$\sigma_{hpk} = e_{ph,k}$**	**$e_{ph,d}$**	**u_d**	**$\sum$**
0	0	0	0	0	0	0
0.8	14.8	0	48.1	34.4	0	34.4
2.8	57.3	0	186.2	133.0	0	133.0

Avec $\sigma_{hpk} = \sigma'_v \cdot K_{ph} + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_{ph}}$

$$R_i = 34.4 \cdot 2 + (133.0 - 34.4) \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} = 167.4\ kN$$

La plaque en métal distribue uniformément la force sur 3m de large (et 2m de haut). La résistance est donc de $R = 3 \cdot R_i = 502.2\ kN$

5.2 Frottement du tube sur le sol : (ancienne méthode pour calcul des pieux)

Contrainte verticale moyenne : $\sigma_{vm} = 6.5 + 3 \cdot 21 = 69.5\ kN/m^2$

Surface de frottement : $S = \pi \cdot D \cdot l = \pi \cdot 0.3 \cdot 15 = 14.14\ m^2$

Tube foré :$K_0 = 1 - \sin\delta = 0.47$

Force de frottement : $Q_{su} = S \cdot [2 + (\sigma_{vm} \cdot K_0 \cdot \tan\delta)] = 319.0\ kN < R = 502.2\ kN$ ✓

6 Pousse-tube en acier

6.1 Donnée du pousse-tube

$Ø_{ext}$ = 305 mm

e = 10mm (à vérifier)

$Ø_{int}$ = 305 - 2*10 = 285 mm

$Ø_{moy}$ = 305 - 10 = 295 mm

Acier : S355

6.2 Géométrie

Selon plan du projet. Une marge de 10 à 20 cm est prise en compte pour les tolérances d'exécution du pousse-tube

- profondeur max. pousse-tube (niveau sur traverses à sur pousse-tube) = 3.20 m (yc marge)

- profondeur min. pousse-tube (niveau sur traverses à sur pousse-tube) = 2.45 m (yc marge)

6.3 Rigidité

Le système est rigide si la condition suivante est remplie (SIA 190/2017 p.30) :

<table>
<tr><td rowspan="2">$SF_{court} = \frac{2}{3} \cdot \frac{E_{R,court}}{E_{Bh}} \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^3 \geq 0.1$</td><td>$E_{R,court}$= module de déformation de tuyau [N/mm²]</td></tr>
<tr><td>E_B= module de déformation du terrain dans la zone de la conduite [N/mm²]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$= \frac{2}{3} \cdot \frac{170'000}{0.6 \cdot 20} \cdot \left(\frac{10}{295}\right)^3 = 0{,}4$</td><td>e = épaisseur paroi du tuyau [mm]</td></tr>
<tr><td>d = diamètre moyen du tuyau [mm]</td></tr>
<tr><td>→le système est rigide</td><td>Angle frottement interne selon rapport géotech. : 32° (moraine) (SIA 190/2017, p.21)</td></tr>
</table>

6.4 Actions

6.4.1 Charges ferroviaires

Les charges ferroviaires sont déterminées selon le tableau de la norme SIA 190/2017 p. 59 (écartement normal, LM1, α=1)

$q_{s2,max}$ = 40 kN/m² (avec H_{max}=3.20m)
$q_{s2,min}$ = 43 kN/m² (avec H_{min}=2.45)

α = coefficient pour classification des modèles de charges normalisées = 1.33 (SIA 261/2020 p. 52)

ψ = coefficient dynamique = 1.4 - 0.1 * (H - 0.5) ≥ 1 (SIA 190/2017 p. 28, §4.2.3.12)
$ψ_{max}$ = 1.13 (avec H_{max})
$ψ_{min}$ = 1.21 (avec H_{min})

$q_{s2,max}$ = 40.0*1.13*1.33 = 60.1 kN/m² (yc coefficient dynamique)
$q_{s2,min}$ = 43.0*1.21*1.33 = 69.2 kN/m² (yc coefficient dynamique)

6.4.2 Charges permanentes

Poids propre de l'infrastructure ferroviaire (selon base de projet) :

Rails et traverses en béton :	(1,7 + 4,8)/3,00 =	2.17	kN/m^2
Ballast :	(0,50 + 0,10) * 18 =	10.80	kN/m^2
Etanchéité :	0,07 * 24 =	1.70	kN/m^2
Couche de fondation :	0,30 * 20 =	6.00	kN/m^2

Charge du terrain :		
$q_{s1} = \lambda_{max}*\rho*g*H$ (SIA 190/2017 p.31)	λ_{max} = facteur de concentration de charge (fonction de C1 – selon SIA 190/2017 éq.24) Avec C1 =C2*C3 C2 = coefficient de tassement et de flexion C3 = coefficient de décharge <u>Hypothèse :</u> C1=0, car pas de fouille →pas de compactage, ni de décharge du terrain ρ*g = charge volumique du terrain [kN/m^3] H = hauteur de terre sur tuyau, déduction faire de l'épaisseur de l'infrastructure [m]	
$q_{s1,max}$ =1.0*21*3.2=	67.2	kN/m^2
$q_{s1,min}$ =1.0*21*2.45=	51.45	kN/m^2
Cas de Charge permanents		
$q_{s,perm,max}$ =	**87.9**	**kN/m^2**
$q_{s,perm,min}$ =	**72.1**	**kN/m^2**

6.5 Sécurité structurale

Combinaison de charge déterminante (SIA 190/2017, p.36) :

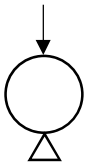
$q_{ds} = Ø_{ext} \cdot (q_{s,perm} \cdot 1.35 + q_{s2} \cdot 1.5)$

Pour H_{max} :	$q*_{ds} = 0.3 \cdot (87.9 \cdot 1.35 + 60.1 \cdot 1.5) =$	**62.6**	**kN/m'**	**→cas déterminant**
Pour H_{min} :	$q*_{ds} = 0.3 \cdot (72.1 \cdot 1.35 + 69.2 \cdot 1.5) =$	60.3	kN/m'	

$q^*_{ds} \leq \frac{ZE \cdot q_{Br}}{1.2}$ (SIA 190/2017, p.36) Avec ZE : coefficient de pose =1,5 pour U1/V1

$q_{Br} \leq \frac{q^*_{ds} \cdot 1.2}{ZE} = \frac{62.6 \cdot 1.2}{1.5} = 50.1\ kN/m'$

Modèle simplifié :



$$M = \frac{q_{Br} \cdot r}{\pi} \rightarrow M_{br} = \frac{50.1 \cdot 0.3/2}{\pi} = 2.39\ kNm$$

$$\left.\begin{array}{c} \sigma = \frac{M}{W} \rightarrow M_{rd} = W \cdot f_y \\ W = \frac{l \cdot t^2}{6} \end{array}\right\} M_{rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \cdot \frac{l \cdot t^2}{6} \rightarrow t_{min} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{br}}{\frac{f_y}{\gamma_{M1}} \cdot l}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2.39 \cdot 10^6}{\frac{355}{1.05} \cdot 1000}} = 6.5\ mm$$

6.6 Aptitude au service

Combinaison de charge déterminante (SIA 190/2017, p.37) :

Pour H_{max} :	$q_{ser} = 0.3 \cdot (87.9 \cdot 1.00 + 60.1 \cdot 1.00) =$	**44.4**	**kN/m'**	**→ cas déterminant**
Pour H_{min} :	$q_{ser} = 0.3 \cdot (72.1 \cdot 1.00 + 69.2 \cdot 1.00) =$	42.4	kN/m'	

L'aptitude au service est satisfaite si la condition suivante est remplie (SIA 190/2017, p.37)

$$\sigma_{Rbz} = \frac{N_k}{A} \pm \frac{M_k}{W} \cdot \alpha_k \leq \sigma_{Rbz,adm}$$

Avec $N_k = 0$

Hypothèse : $\alpha_k = 1.0$ (e<<r)

$$M_k = \frac{q_{ser} \cdot r}{\pi} = \frac{44.4 \cdot 0.3/2}{\pi} = 2.12\ kN/m'$$

→Même modèle de charge qu'au point précédent.

$$M_{adm} = \sigma_{Rbz,adm} \cdot \frac{l \cdot t^2}{6} \rightarrow t_{min} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_k}{\sigma_{Rbz,adm} \cdot l}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2.12 \cdot 10^6}{\frac{355}{1.05} \cdot 1000}} = 6.13\ mm$$

De plus, les CFF exigent que la déformée soit inférieur à la formule ci-dessous, soit :

$$w < \frac{DN}{400} = \frac{300}{400} = 0.75mm\ (< 2\ mm)$$

L'ovalisation calculée est relevée en faisant la différence de déformée entre le point supérieur du tuyau et le point inférieur. Elle est de 0.3 mm avec le passage d'un train.

$$0.3\ mm < 0.75\ mm\ < 2mm$$

6.7 Fatigue

Cas de charges :

Pour H_{max} : q_s = 40 kN/m² (SIA 190/2017, p.59) → voie multiple

$$q^*_{ds,fat,max} = q_s \cdot Ø_{ext} \cdot \psi \cdot \alpha = 40 \cdot 0.3 \cdot 1.20 \cdot 1.0 = \quad 14.4 \quad \text{kN/m'}$$

Pour H_{min} : q_s = 43 kN/m² (SIA 190/2017, p.59) → voie multiple

$$q^*_{ds,fat,max} = q_s \cdot Ø_{ext} \cdot \psi \cdot \alpha = 43 \cdot 0.3 \cdot 1.20 \cdot 1.0 = \quad 15.5 \quad \text{kN/m'}$$

ψ = coefficient dynamique (SIA 190/2017, p.58)

α = coefficient pour classification des modèles de charges normalisés = 1.0 (SIA 190/2017, p.28)

6.7.1 Moment transversal

Cas de charge déterminant → couverture minimale :

$q^*_{ds,fat,trans}$ =	18.8	kN/m'	(yc coefficient dynamique)

Modélisation de la section avec la charge uniformément répartie sur la partie sup et un appui flexible sur la partie inf. Voir annexes.

$M_{fat,trans}$ = 0.34 kNm/m

$$\left.\begin{array}{c} \sigma = \frac{M}{W} \\ W = \frac{l \cdot t^2}{6} \end{array}\right\} \qquad \text{avec } t = 10\ mm$$

$$\Delta\sigma(Q_{fat})_{,trans} = \frac{6 \cdot M_{fat}}{l \cdot t^2} = \frac{6 \cdot 0.34e6}{1000 \cdot 10^2} = 20.4\ N/mm^2$$

6.7.2 Moment longitudinal

Selon rapport géotechnique : sol en place moraine avec ME = 20 MN/m²

$$M_{fat,long} = 1.09\ kNm$$

$$\left.\begin{array}{c} \sigma = \frac{M}{W} \\ W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \end{array}\right\} \qquad \text{avec } t = 10\ mm$$

$$\Delta\sigma(Q_{fat})_{,long} = M_{fat} \cdot \frac{32 \cdot D}{\pi \cdot (D^4 - d^4)} = 1.09e6 \cdot \frac{32 \cdot 300}{\pi \cdot (300^4 - 280^4)} = 1.71\ N/mm^2$$

6.7.3 Contrôle des contraintes multiaxiales

A vérifier : $\lambda \cdot \sqrt{\Delta\sigma(Qfat)_{,trans}{}^2 + \Delta\sigma(Qfat)_{,long}{}^2} \leq k_s \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$

(Avec $\lambda = \lambda_1 * \lambda_3 * \lambda_4 = 1.3 * 1.0 * 1.41 = 1.83$, mais $\lambda_{max} = 1.4$) selon SIA 263/2013

$k_s = (\frac{25}{t})^{0.2}\ pour\ t > 25\ mm$ Selon SIA 263/2013 p.99

$\Delta\sigma_C = 71 \frac{N}{mm^2} \rightarrow SIA\ 263\ (soudure\ avec\ liste\ de\ soudage)$

$1.4 \cdot \sqrt{20.4^2 + 1.71^2} = 28.7 \frac{N}{mm^2} \leq k_s \cdot \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} = 1.0 \cdot \frac{71}{1.35} = 52.5\ N/mm^2$ ✓

6.8 Synthèse

Épaisseur requise (sans surépaisseur contre la corrosion) :

Sécurité structurale :	t_{min} = 6.5 mm	
Aptitude au service :	t_{min} = 6.1 mm	
Fatigue :	Ok avec t = 10mm	→Cas déterminant

Selon directive interne CFF :

« Pour prévenir la perte de matière par corrosion, il faut ajouter à l'épaisseur statiquement nécessaire 10 mm (corrosion de la surface contre terre) »

Conclusion, l'épaisseur minimale sera de :10 + 10 = 20 mm

Tube 305 * 20
(Sans soudure longitudinale – soudure transversale avec liste de soudage)

Acier Fe E 355
$Ø_{ext}$ = 305

t = 20 mm

$Ø_{int}$ = 305 – 2 * 20 = 265 mm

7 Conclusion

Le dimensionnement des traversées de voies souterraines garantit un niveau de résistance adéquat, tandis que les enceintes de fouille ont été calculées pour fournir un accès sûr et stable à la cellule de poussée des forages subhorizontaux. Les vérifications menées confirment que les matériaux et sections choisis respectent les critères de sécurité et de déformation imposés.

En conclusion, les traversées de voies souterraines répondent aux exigences de sécurité et de performance structurelle, assurant ainsi une pérennité optimale des ouvrages.

8 Signatures

8.1 Procédure d'approbation des plans (SIA 33)

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne



Lausanne, le 3 juillet 2025

Annexe 1

Rapport de dimensionnement ZSoil

sd ingénierie lausanne sa (2025)

Extrait du dimensionnement ZSoil

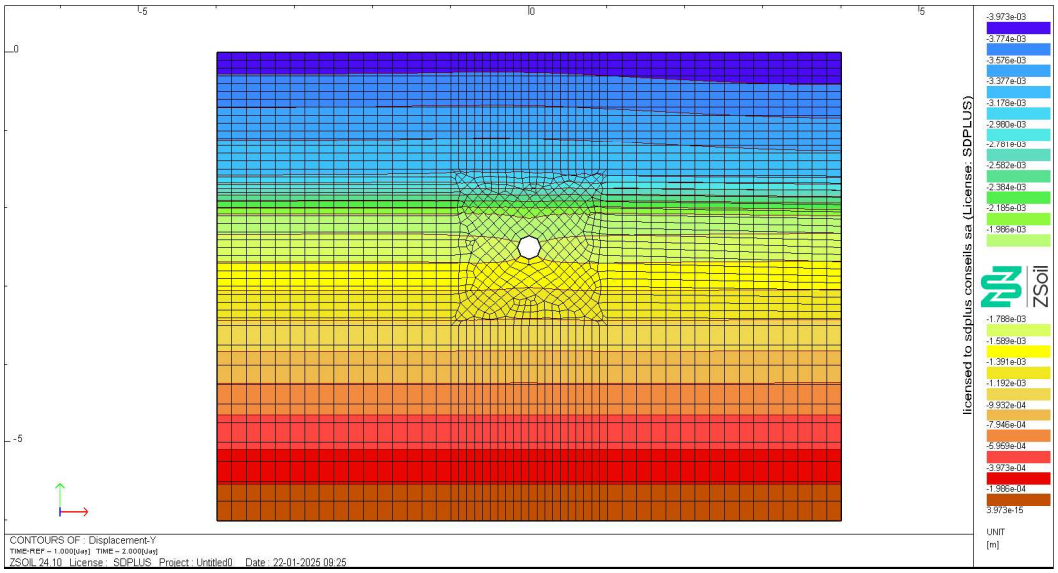


Figure A 1 : déformation du sol

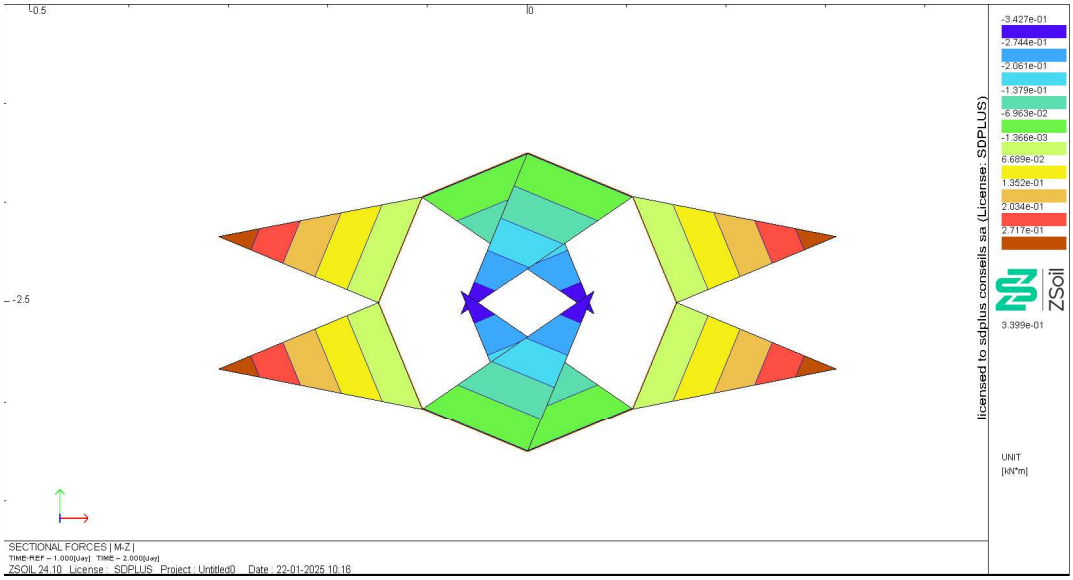


Figure A 2 : moments au droit du tuyaux

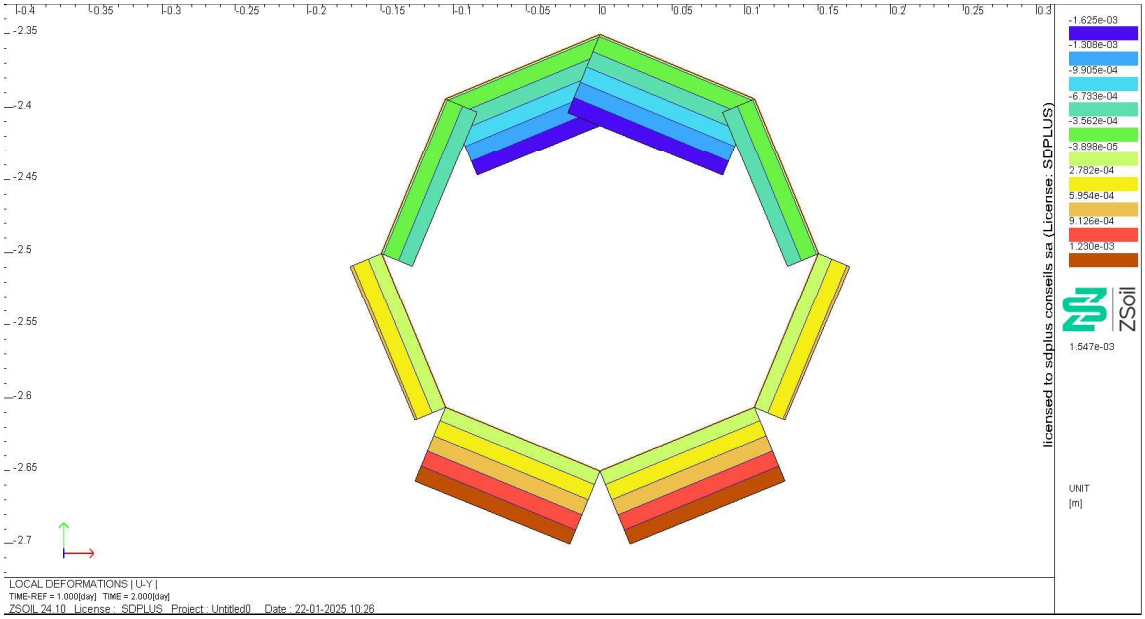


Figure A 3 : déformation du tuyaux (y compris déplacement globale du sol)

SBB CFF FFS

12.991.01

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1163975 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF

Service : I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1
Fonction : Chef de projet général
Nom : Stéphane Koessler
Signature :

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Auteur·e(s) du projet

Entreprise : sd ingénierie lausanne sa
Fonction : Chef de projet
Nom : François Yerly
Signature :

Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa
Lausanne, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Concept d'évacuation des eaux

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	FY/AJ	
B			
C			
D			
E			
F			

12.991.01_Concept d'évacuation des eaux_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement et Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Table des matières

1 Introduction 2
1.1 Champ d'application et but 2
1.2 Résumé, vue d'ensemble du projet 2
1.3 Structure du dossier 2
1.4 Bases légales 3
2 Etat actuel 3
3 Travaux prévus 4
4 Détermination du mode d'évacuation des eaux 5
4.1 Examen de la faisabilité de l'évacuation des eaux 8
4.2 Examen de l'admissibilité de l'évacuation des eaux 12
4.3 Proportionnalité de l'évacuation des eaux 16
5 Concept d'évacuation et de traitement des eaux 16
5.1 Hydrologie 16
5.2 Hydraulique 18
5.3 Principe d'évacuation et de traitement des eaux 20
6 Synthèse 22
7 Signature 22

Annexes

[1] Note de calculs hydrauliques, sd ingénierie lausanne sa (2025)
[2] Débits d'étiage des cours d'eau environnants, DGE-DIRNA-EAU (2025)

1 Introduction

1.1 Champ d'application et but

Les eaux de ruissellement qui s'écoulent des surfaces construites ou imperméabilisées telles que les installations ferroviaires sont des eaux à évacuer au sens de l'art. 4, let. e, de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux, RS 814.20). Les eaux à évacuer polluées doivent être traitées conformément à l'art. 7, al. 1, LEaux avant d'être infiltrées ou déversées dans les eaux superficielles. L'infiltration ou le déversement dans des eaux superficielles requiert une autorisation. Les eaux à évacuer non polluées, en revanche, doivent être infiltrées. Un déversement dans des eaux superficielles n'est autorisé que lorsque les conditions locales ne permettent pas d'infiltration (art. 7, al. 2, LEaux).

L'évacuation des eaux provenant des installations ferroviaires est régie par la directive « Evacuation des eaux des installations ferroviaires » de l'OFT/OFEV, entrée en vigueur en juillet 2014 (mise à jour en août 2018). Les installations[1] concernées par cette directive sont principalement la voie, les quais, les marquises et les passages inférieurs pour piétons qui se trouvent dans le champ de voies.

Elle s'appuie sur la Directive "Gestion des eaux urbaines par temps de pluie" de la VSA datée de novembre 2019 pour l'évacuation des eaux de ruissellement des quais, marquises et rampes. Elle tient compte des bases techniques de la réglementation RTE 21110 de l'Union des transports publics (UTP) pour l'évacuation des eaux de la voie.

Ces directives et réglementations privilégient également l'infiltration à travers le sol au déversement dans les eaux de surface quand cela est possible.

1.2 Résumé, vue d'ensemble du projet

Le projet se situe sur la ligne 150 : Lausanne – Genève et le tronçon concerné, du km 21.240 au km 24.255, traverse les communes de Allaman, Féchy et Perroy dans le canton de Vaud. Les voies 1 et 315 classées en catégorie VP1, sont sollicitées par près de 70'000 tonnes-brutes-complètes par jour avec une vitesse maximale de 140 km/h. Le tronçon se trouve en secteur de protection des eaux A_u. La totalité de la ligne 150 est à double voie.

Les voies 1 et 315 composées de rails 60E1 sur traverses en béton, ont été renouvelées pour la dernière fois entre 1980 et 1981. L'état d'usure et de détérioration des voies indique que la durée de vie de ces dernières est atteinte et qu'elles doivent être renouvelées. La maintenance de la voie ferrée fait partie intégrante du programme de renouvellement de la superstructure mené par les CFF. Ce renouvellement est effectué afin de garantir la sécurité et de permettre un entretien économique et durable des installations de voie.

Le projet comporte des interventions au niveau du système de récolte des eaux de la plateforme ferroviaire. L'évacuation des eaux doit par conséquent respecter les prescriptions en vigueur.

1.3 Structure du dossier

La présente procédure d'approbation des plans (PAP) concerne les sous-projets du programme de renouvellement des voies suivants :

- Sous-projet 1 : FbE27 Allaman voie 1 du km 21.240 au km 22.341 (y.c. tracé en gare) ;
- Sous-projet 2 : FbE26 Allaman-Perroy voie 315 du km 22.409 au km 24.455.

[1] La directive OFT/OFEV chiffre 3.2.1 indique que : *Les quais, les toits de quai et les toits de bâtiments de technique ferroviaire qui ne sont pas situés dans le champ de voies (côté gare : par ex. bâtiments de gare, places de gare, généralement quai 1 etc.) doivent être drainés conformément à la directive VSA.*

1.4 Bases légales

Les éléments développés dans la présente notice technique s'appuient sur les prescriptions légales (LEaux, OEaux, OPAM, OSol, etc.) ainsi que sur les directives et les normes en vigueur décrites ci-après.

1.4.1 Directives et documentations

- Directive OFT/OFEV : Evacuation des eaux des installations ferroviaires, 2018 ;
- Directive VSA : Gestion des eaux urbaines par temps de pluie, 2019 ;
- Directives cantonales liées à la protection et à l'utilisation des eaux souterraines ou superficielles, ainsi qu'à l'évacuation des eaux produites sur le projet ;
- PGEE communal : Plan général d'évacuation des eaux ;
- Ensemble des directives DE-OCF, RTE et PEQ.

1.4.2 Normes

- VSS SN 640'340a : Evacuation des eaux de chaussée – Bases, 2003 ;
- VSS 40'350 : Evacuation des eaux de chaussée – Intensité des pluies, 2019 ;
- VSS 40'353 : Evacuation des eaux de chaussée – Débit, 2019 ;
- SIA 190 : Canalisations, 2017 ;
- SIA EN 858-1 : Installations de séparation de liquides légers, 2004 ;
- SIA D 0264 : Hydraulique, 2019 ;
- SN 592'000 : Installations pour l'évacuation des eaux des biens-fonds – Conception et exécution, 2024 ;
- Ensemble des normes SSIGE en vigueur.

2 Etat actuel

Les caractéristiques et l'état de fonctionnement du système d'évacuation des eaux préexistant sont décrits dans les rapports géotechniques n°2018-064 et -065, versions du 14.10.2020 et 23.11.2020, chapitre 3.6.

3 Travaux prévus

Lors de nouvelles constructions, il faut dans tous les cas prendre des mesures afin d'éviter toute pollution des eaux. Sur les installations ferroviaires existantes, l'assainissement du système d'évacuation des eaux en place n'est requis que dans les cas de modifications importantes, de danger concret d'une pollution des eaux ou d'une pollution déjà survenue.

Le diagramme suivant présente les critères de définition d'une modification importante. Le cas échéant, il y a lieu de prévoir un système d'évacuation des eaux ou une réfection de ce dernier.

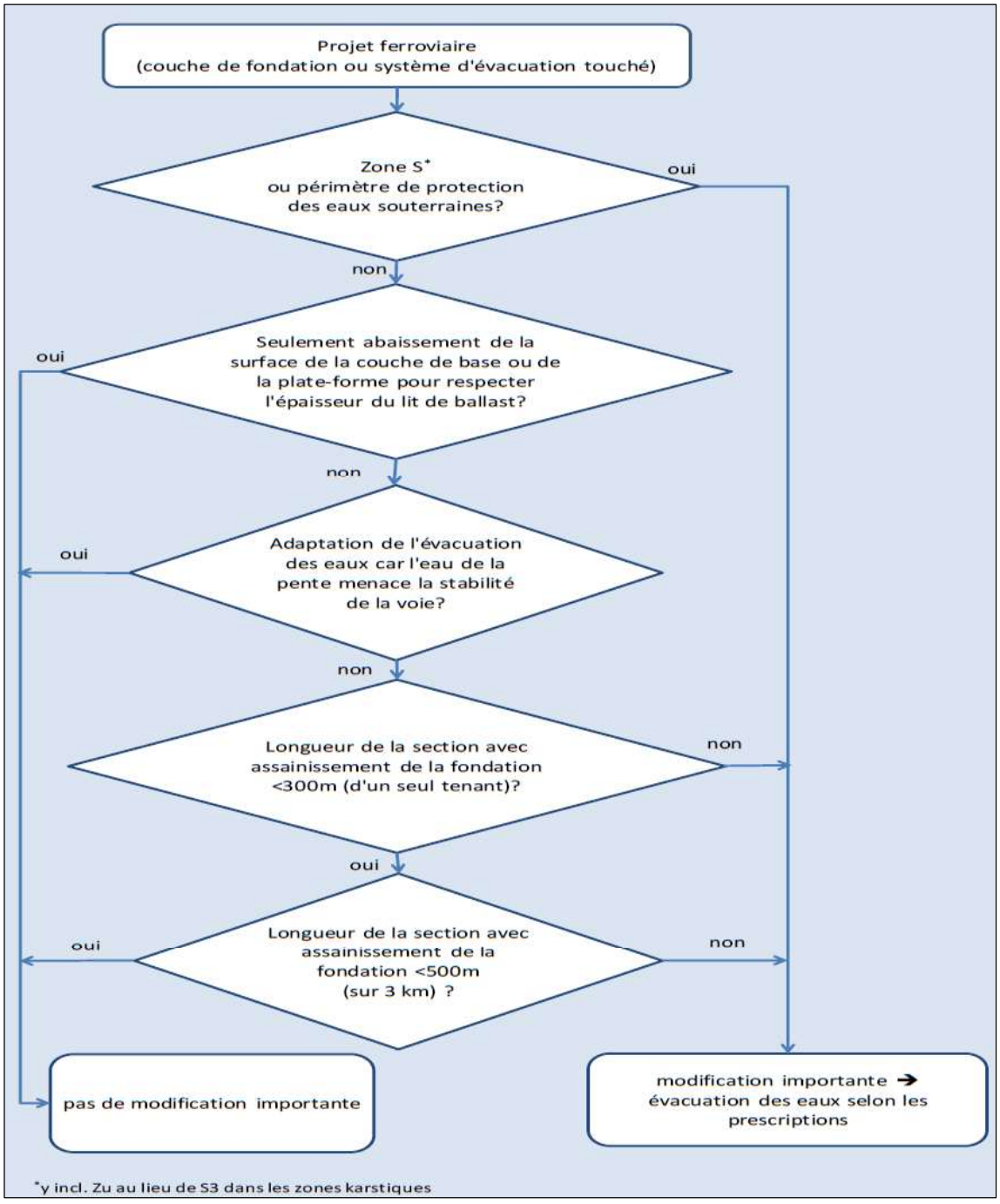


Figure 1 : critères de définition d'une modification importante – source : directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

Seules les interventions d'assainissement de la couche de fondation avec de la grave type PSS sont à considérer comme modifications importantes.

Les travaux de criblage du ballast ou d'excavation totale, n'impactant pas la couche de fondation, sont à considérer comme des modifications mineures. Pour ce type d'intervention, il n'y a en principe pas de mise en conformité du système d'évacuation des eaux à prévoir.

Les travaux prévus sont décrits ci-dessous en tenant compte des mesures prévues pour le système d'évacuation des eaux :

Description des travaux prévus		
Voie **Kilométrage**	**Interventions sur l'infrastructure de voie**	**Mesures pour le système d'évacuation des eaux**
V1 (SP1) 21.240 – 21.358	Infrastructure type PSS	Nouveau drainage type 4a
V1 (SP1) 21.358 – 21.368	Excavation totale	--
V1 (SP1) 21.368 – 21.453	Infrastructure type PSS	Drainage existant maintenu
V1 (SP1) 21.453 – 21.458	Excavation totale	--
V1 (SP1) 21.458 – 21.700	Infrastructure type PSS	Drainage existant maintenu
V1 (SP1) 21.700 – 22.341	Infrastructure type PSS	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 22.409 – 22.463	Infrastructure type PSS	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 22.463 – 22.930	Criblage de ballast	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 22.930 – 23.408	Criblage de ballast	--
V315 (SP2) 23.408 – 23.687	Criblage de ballast	Drainage existant maintenu
V315 (SP2) 23.687 – 23.920	Criblage de ballast	--
V315 (SP2) 23.920 – 24.187	Criblage de ballast	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 24.187 – 24.255	Criblage de ballast	--

Figure 2 : description des travaux prévus

4 Détermination du mode d'évacuation des eaux

Le choix du mode d'évacuation des eaux des installations ferroviaires situées **dans** le champ de voies se base sur la méthodologie décrite dans la directive OFT et OFEV intitulée « Evacuation des eaux des installations ferroviaires », selon les méthodes et dans l'ordre de priorité suivant :

1. Infiltration ;
2. Déversement dans des eaux superficielles ;
3. Déversement dans des canalisations publiques vers une STEP.

Ce choix dépend des paramètres suivants :

- La faisabilité locale ;
- L'admissibilité légale ;
- La proportionnalité.

La figure ci-dessous décrit la marche à suivre pour le choix du mode d'évacuation des eaux.

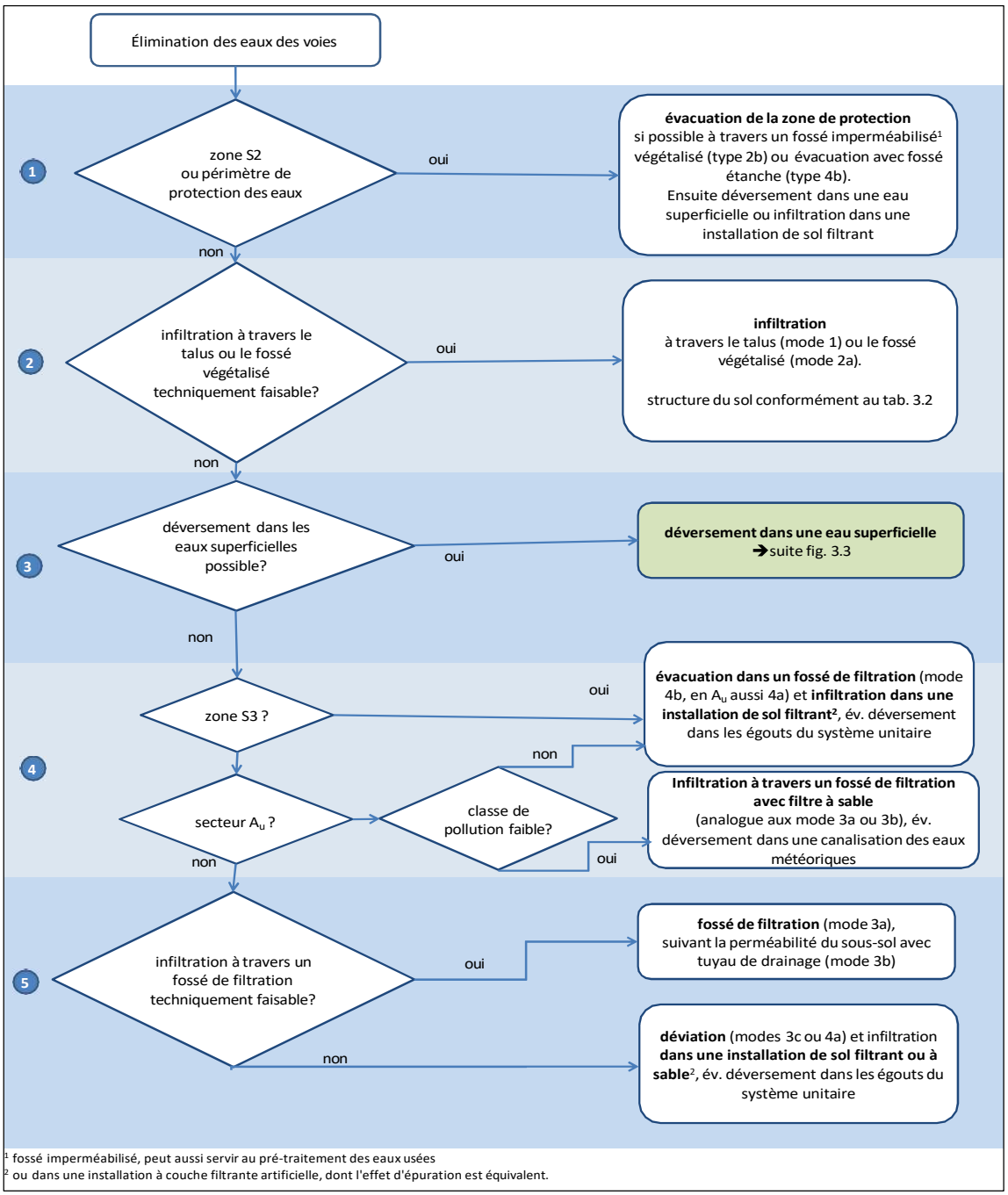
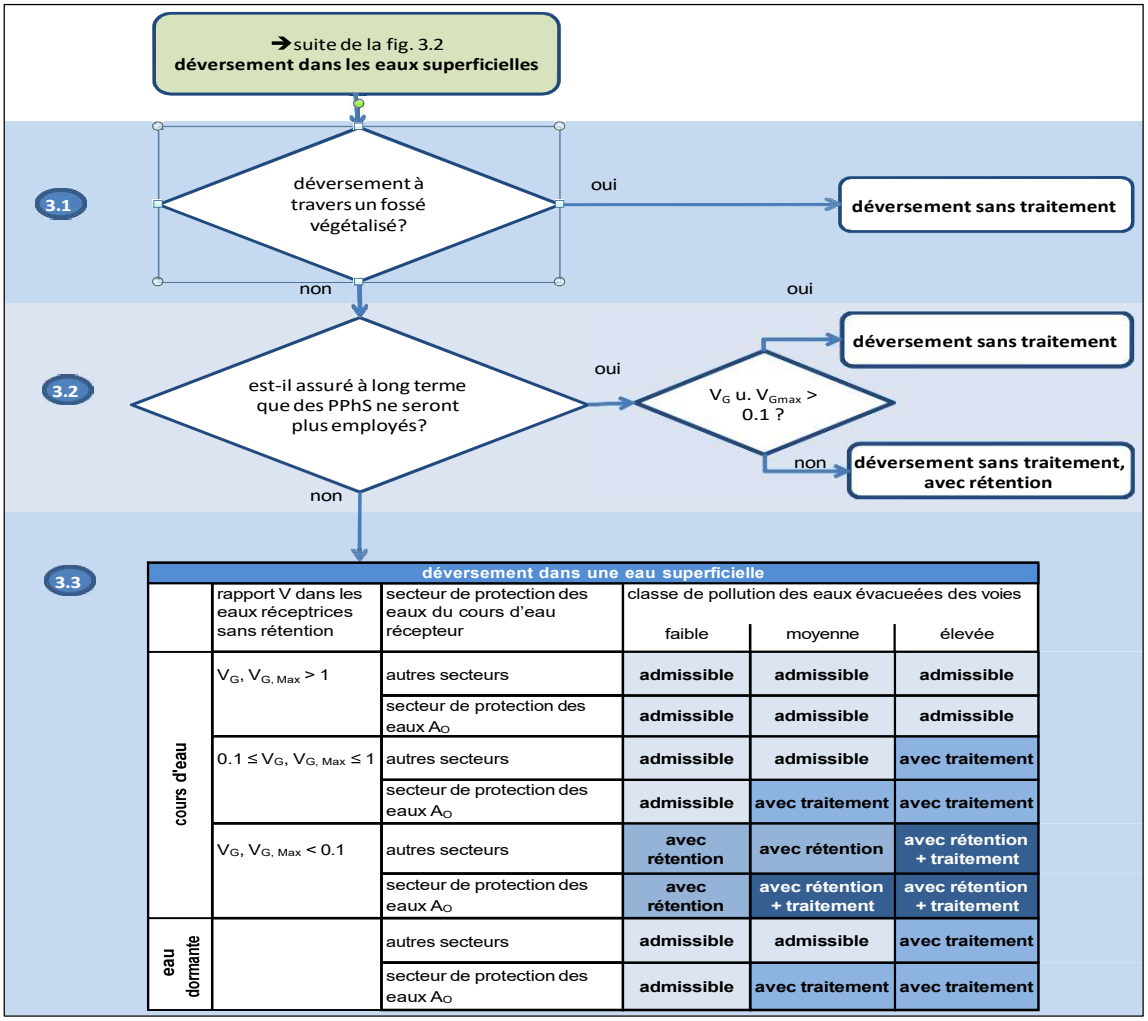


Figure 3 : diagramme de décision sur l'infiltration – source : directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »



déversement dans une eau superficielle					
	rapport V dans les eaux réceptrices sans rétention	secteur de protection des eaux du cours d'eau récepteur	classe de pollution des eaux évacueées des voies		
			faible	moyenne	élevée
cours d'eau	V_G, $V_{G,\,Max}$ > 1	autres secteurs	admissible	admissible	admissible
		secteur de protection des eaux A_O	admissible	admissible	admissible
	0.1 ≤ V_G, $V_{G,\,Max}$ ≤ 1	autres secteurs	admissible	admissible	avec traitement
		secteur de protection des eaux A_O	admissible	avec traitement	avec traitement
	V_G, $V_{G,\,Max}$ < 0.1	autres secteurs	avec rétention	avec rétention	avec rétention + traitement
		secteur de protection des eaux A_O	avec rétention	avec rétention + traitement	avec rétention + traitement
eau dormante		autres secteurs	admissible	admissible	avec traitement
		secteur de protection des eaux A_O	admissible	avec traitement	avec traitement

Figure 4 : diagramme de décision sur le déversement dans les eaux superficielles – source : directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

4.1 Examen de la faisabilité de l'évacuation des eaux

4.1.1 Protection des eaux

L'entièreté du tronçon étudié s'inscrit en secteur de protection des eaux A_u. En dehors des zones S très vulnérables, les portions de territoire subdivisées en secteurs A_u et üB sont destinées à assurer une protection générale des ressources en eau.

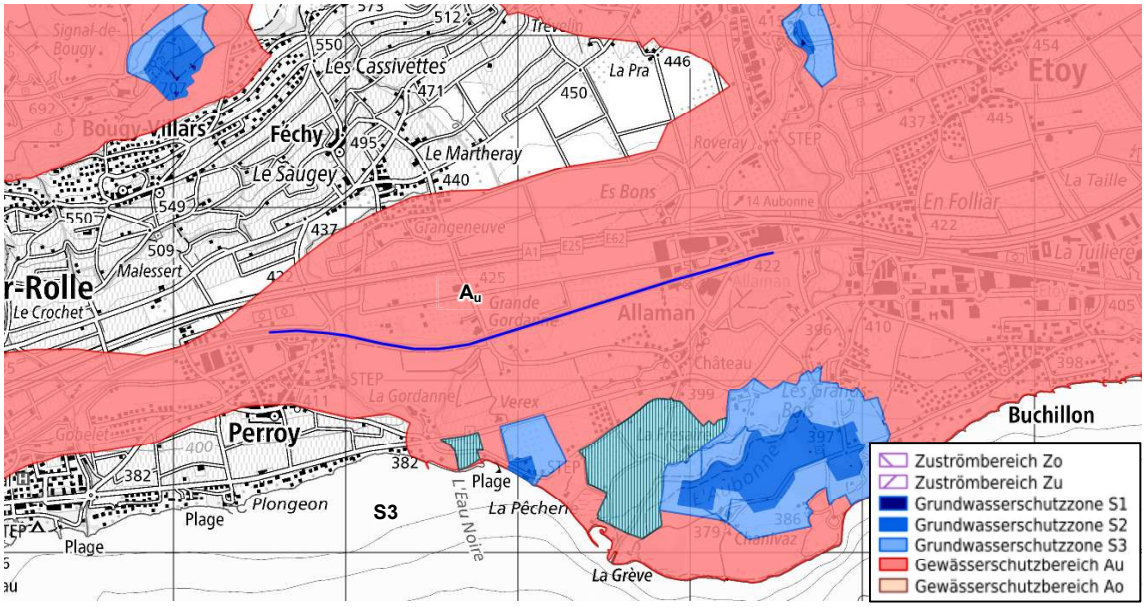


Figure 5 : secteurs de protection des eaux – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

4.1.2 Facteurs hydrogéologiques

4.1.2.1 Caractéristiques du sol

Les caractéristiques du sol sont présentées dans les rapports géotechniques n°2018-064 et -065, versions du 14.10.2020 et 23.11.2020. Ces derniers indiquent que le sous-sol est composé de graviers et de sables purs ou limoneux, de sables à limons en général argileux. La géologie est caractérisée par des cailloutis des plateformes du retrait glacio-lacustre, de la moraine remaniée et de la moraine de fond de type argile à blocaux, ainsi que des marnes feuilletées.

Le terrain naturel présente une perméabilité faible (10^{-6} – 10^{-8} m/s).

Les figures ci-après illustrent la composition du terrain naturel rencontrée lors des sondages sous l'infrastructure ferroviaire.

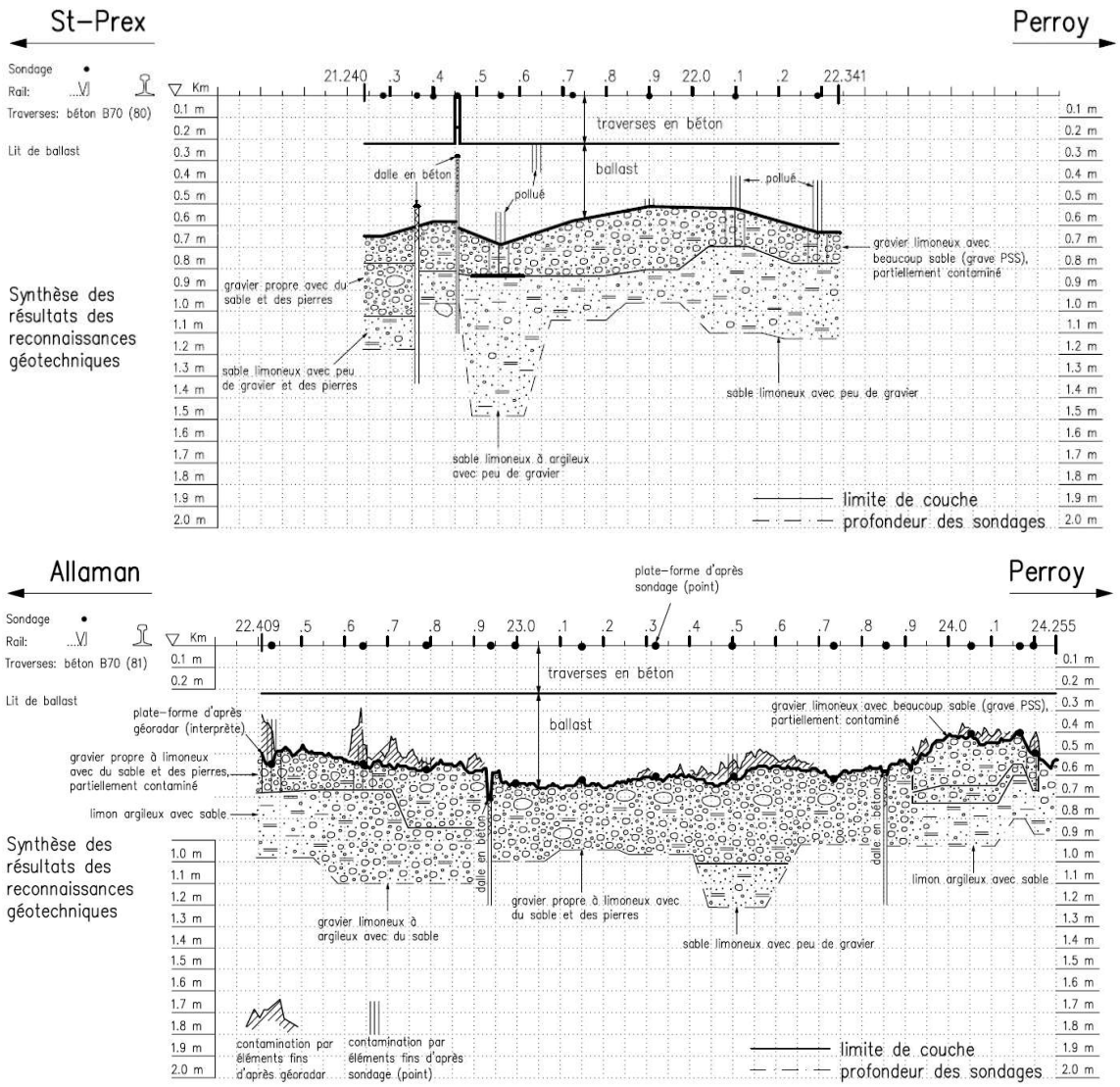


Figure 6 : composition du sol – source : rapports géotechniques n°2018-064 et -065, versions du 14.10.2020 et 23.11.2020

4.1.2.2 Vulnérabilité des sols

Bien que le tronçon traverse en général un domaine aquifère peu productif, il faut s'attendre à une forte vulnérabilité des sols vis-à-vis de la pénétration de polluants.

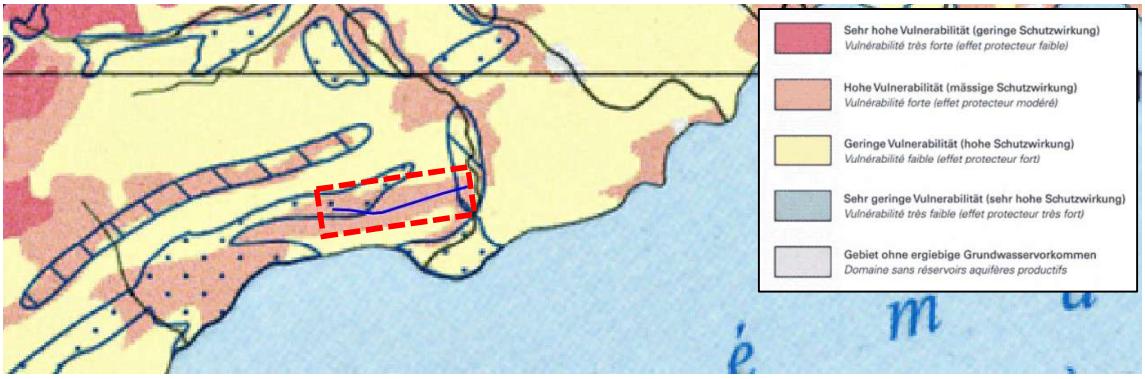


Figure 7 : vulnérabilité des sols – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

4.1.2.3 Sites pollués

Le périmètre de l'étude borde plusieurs sites pollués dont un en gare d'Allaman. Il n'est pas envisageable d'infiltrer les eaux sur un site pollué et conformément à l'OSites, les éventuels ouvrages à planifier ne doivent ni perturber l'écoulement des eaux souterraines, ni entraver un assainissement futur du site contaminé.

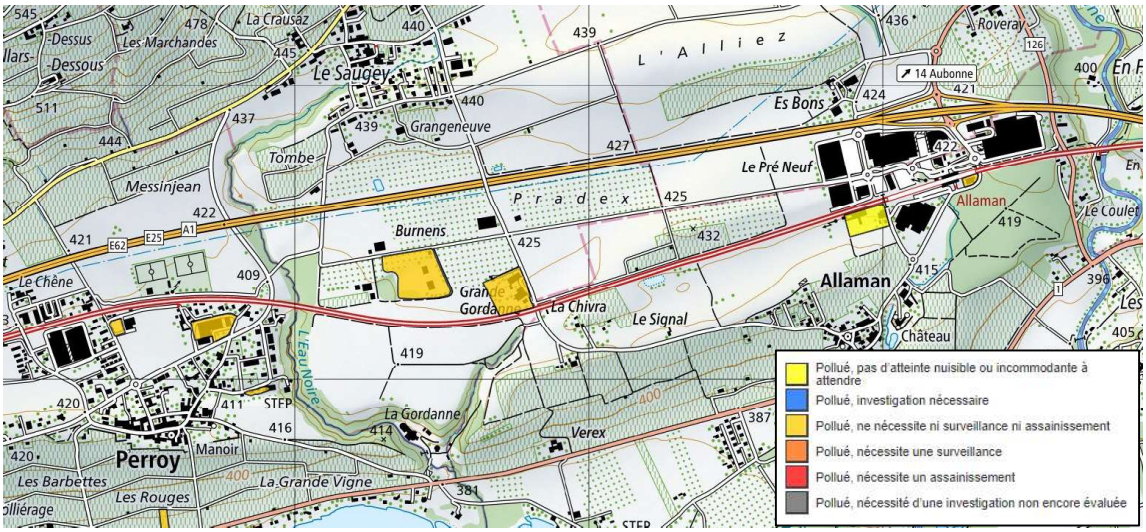


Figure 8 : sites pollués – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

4.1.2.4 Niveau de la nappe phréatique lors des hautes eaux

L'étude géotechnique mentionne une profondeur de la nappe phréatique à env. 2 mètres au-dessous des voies au km 21.600. Le portail géographique du Canton de Vaud renseigne sur les niveaux de la nappe souterraine par le biais des publications des sondages de reconnaissances. Les données récoltées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Niveaux piézométriques				
ID sondage	**Coordonnées**	**Date**	**Altitude du terrain**	**Altitude de la nappe**
10355	2'520'296 / 1'147'762	25.05.1978	419.07 m s.m.	416.29 m s.m.
34879	2'520'095 / 1'147'695	27.01.1988	423.75 m s.m.	420.45 m s.m.
34878	2'520'057 / 1'147'658	26.01.1988	424.65 m s.m.	422.65 m s.m.
33185	2'520'000 / 1'147'632	16.11.2017	424.90 m s.m.	421.79 m s.m.
33186	2'520'017 / 1'147'590	20.11.2017	421.70 m s.m.	417.51 m s.m.
06591	2'518'383 / 1'147'265	20.10.2008	421.00 m s.m.	420.02 m s.m.
04780	2'517'350 / 1'147'150	01.02.1991	417.45 m s.m.	413.70 m s.m.

Figure 9 : niveaux piézométriques – sources : plateforme geoportail.vd

En corrélant le niveau de la nappe avec celui des cours d'eau (L'Armary, La Gordanne et L'Eau Noire) que franchit le tronçon étudié, la carte du danger d'inondation laisse supposer qu'en période de hautes eaux le niveau des eaux souterraines n'atteint pas les voies. Les passages de cours d'eau sous les voies sont représentés sur les profils en travers du présent dossier PAP.

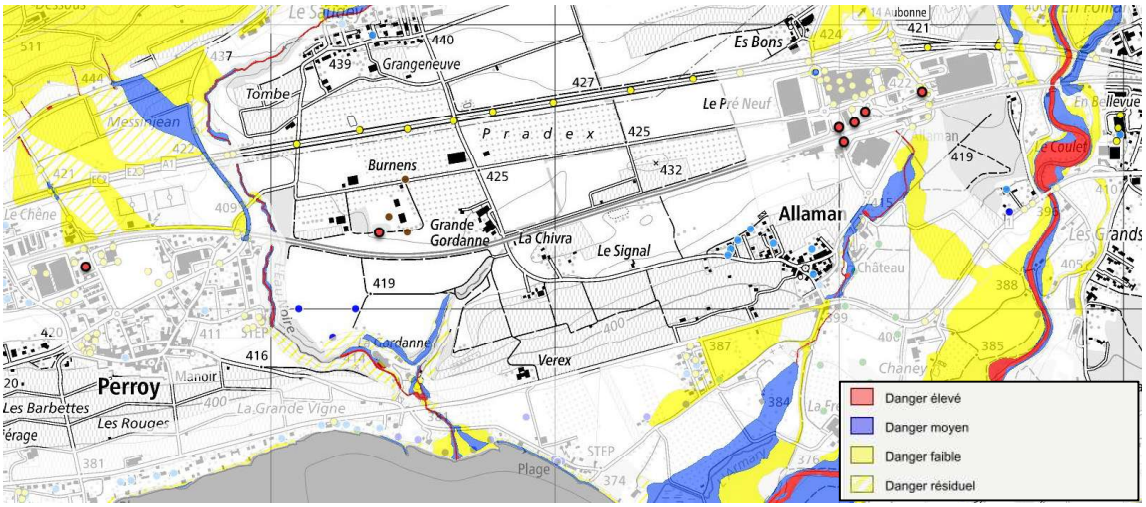


Figure 10 : dangers naturels et sondages – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

4.1.3 Facteurs géographiques et topographiques

La carte de l'aléa ruissellement laisse présager un risque de venue d'eau des terrains avoisinants en cas de fortes intempéries, notamment dans les zones en déblais encadrées sur l'extrait ci-dessous.

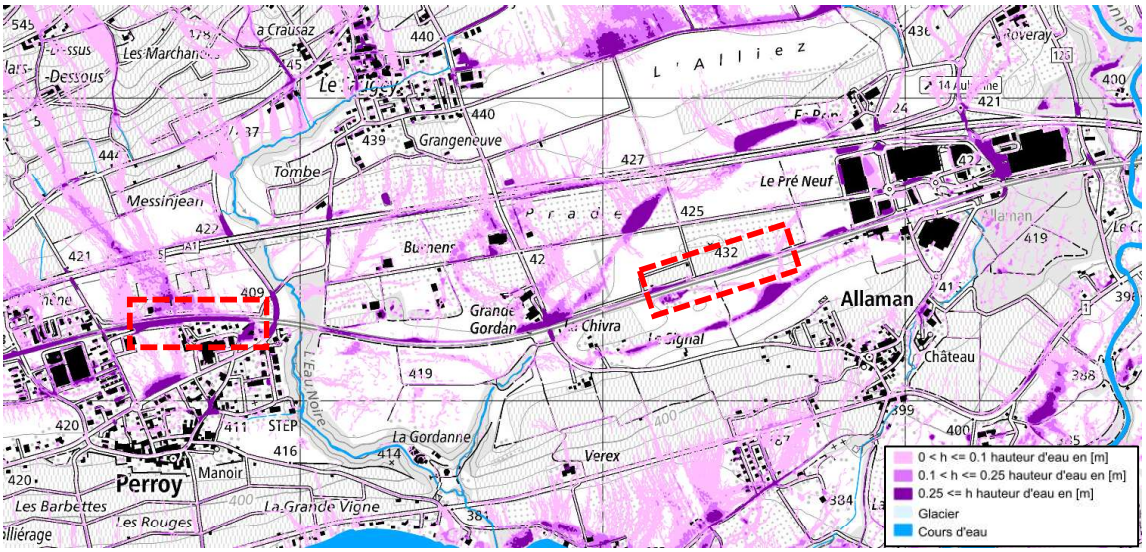


Figure 11 : aléa ruissellement – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

Le tronçon du km 22.100 au km 22.600 (encadré de droite) à Allaman indique une possible accumulation d'eau à l'arrière des voies. Le projet prévoit de remplacer le drainage en place avec une capacité d'écoulement accrue, ce qui en améliorera la situation actuelle.

Le tronçon du km 23.900 au km 24.300 (encadré de gauche) à Perroy indique une forte accumulation dans la zone en déblai. Un canal d'écoulement longeant la voie en direction de Lausanne permet de capter et d'évacuer les venues d'eau provenant des terrains situés du côté du Jura, resp. *La Côte*.

En plus de la problématique du ruissellement, la présente étude se doit de proposer des mesures tenant compte de la topographie successivement en déblais ou en remblais avec de faibles surfaces planes en propriété des CFF. De ce fait, les emprises à disposition pour les éventuelles installations dédiées à la rétention, au traitement de l'eau ou à l'infiltration sont relativement restreintes.

4.2 Examen de l'admissibilité de l'évacuation des eaux

4.2.1 Pollution des eaux

Les données disponibles indiquent que les voies actuelles ont une charge de trafic de près de 70'000 TBC/j. Il est considéré par conséquent une charge comprise entre 60'000 et 100'000 TBC/j/voie pour définir la classe de pollution. L'altitude du tronçon se situe entre 415 et 422 m s.m.
Les hypothèses suivantes sont retenues pour déterminer la classe de pollution des eaux des voies :

- La quasi-totalité du tronçon est considéré comme étant un tracé en pleine voie, hormis du km 21.368 au km 21.700 situé en gare d'Allaman ;
- Selon les CFF, des produits phytosanitaires (PPhS) peuvent être utilisés sur le tronçon ;
- Les tronçons en pleine voie à drainer ne sont pas équipés de banquettes ou seront équipés de banquettes antiprolifération de la végétation, selon FB 400-0204 ;
- Les tronçons drainés en gare sont équipés de quais empêchant la prolifération de la végétation ;
- La ligne est assujettie à l'OPAM.

La classe de pollution des eaux de la voie est déterminée sur la base du tableau représenté sur la figure ci-dessous :

Appréciation de la pollution des eaux de ruissellement des voies						
Tracé en pleine voie		Volume du trafic [tonnage brut/(jour*voie)				
		< 15'000	15'000 - 30'000	30'000-60'000	60'000-100'000	> 100'000
	Pas d'emploi de PPhS	faible	faible	faible	faible	faible
Avec emploi de PPhS	> 1500 m. d'altitude	faible	faible	faible	faible	moyenne
	> 1000 m. d'altitude, pas de banquette ou banquette antiprolifération de la végétation*	faible	faible	faible	faible	faible
	1000-1500 m. d'altitude	faible	faible	faible	moyenne	moyenne
	500-1000 m. d'altitude, pas de banquette ou banquette antiprolifération de la végétation*	faible	faible	faible	faible	moyenne
	500-1000 m. d'altitude	faible	faible	moyenne	moyenne	moyenne
	< 500 m. d'altitude, pas de banquette ou banquette antiprolifération de la végétation*	faible	faible	faible	faible	moyenne
	< 500 m. d'altitude	faible	moyenne	moyenne	élevée	élevée

Secteurs de gares		Volume du trafic [tonnage brut/(jour*voie)]				
		< 15'000	15'000 - 30'000	30'000-60'000	60'000-100'000	> 100'000
	Pas d'emploi de PPhS	faible	faible	faible	faible	moyenne
Avec emploi de PPhS	> 1500 m. d'altitude	faible	faible	faible	moyenne	moyenne
	> 1000 m. d'altitude, banquette antiprolifération de la végétation*	faible	faible	faible	faible	moyenne
	1000-1500 m. d'altitude	faible	faible	moyenne	moyenne	moyenne
	500-1000 m. d'altitude banquette antiprolifération de la végétation*	faible	faible	faible	faible	moyenne
	500-1000 m. d'altitude	faible	moyenne	moyenne	moyenne	élevée
	< 500 m. d'altitude, banquette antiprolifération de la végétation*	faible	faible	faible	moyenne	moyenne
	< 500 m. d'altitude	moyenne	moyenne	élevée	élevée	élevée
* voir annexe 7, (perrons considérés comme banquette antiprolifération de la végétation)						

Figure 12 : classe de pollution des eaux à évacuer provenant des voies – source : directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

La classe de pollution des eaux est considérée comme **faible** en pleine voie et **moyenne** en gare, sur tous les tronçons à drainer subissant des modifications importantes.

4.2.2 Examen de l'admissibilité de l'infiltration

En dehors des zones de protection des eaux S2, il faut en principe infiltrer par le talus ou par le fossé végétalisé, en tenant compte des conditions minimales de structure du sol[2] conformément au tableau ci-après.

Zone de protection ou secteur	**Classe de pollution des eaux polluées**	**Structure du sol**	**Infiltration**
S2	-	-	interdite
S3[3]	faible	optimale	autorisée
	moyenne, élevée	-	non autorisée évacuation hors S3
A_u	faible	minimale	autorisée
	moyenne, élevée	moyenne	autorisée
autre secteur (üB)	faible, moyenne	minimale	autorisée
	élevée	moyenne	autorisée

Figure 13 : conditions pour la réinfiltration des eaux – source : directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

L'infiltration par le talus requiert une hauteur de talus suffisante. L'infiltration par le fossé présuppose une capacité d'infiltration suffisante[4] et durable de la couche de terre et du sous-sol.

Les tronçons en remblais permettent l'infiltration diffuse sur le talus et ne nécessitent pas de système de récolte des eaux. Les tronçons en tranchée nécessitent en revanche un système de drainage pour récolter les eaux de la plateforme et des talus.

En raison des emprises restreintes aux abords des voies et de leur configuration alternativement en remblai et en déblai, la construction d'installations d'infiltration centralisées au point bas des tronçons drainés est généralement compromise. De plus, la faible perméabilité des sols n'autorise guère une infiltration concentrée. Par conséquent, le déversement dans les eaux superficielles est à privilégier lorsque cela est possible.

4.2.3 Examen de l'admissibilité du déversement dans des eaux superficielles

Certains tronçons qu'il est convenu de réfectionner l'infrastructure sont bordés ou traversent des cours d'eau et des aqueducs. Il est ainsi opportun, conformément au diagramme de la figure 3, d'étudier la possibilité d'un déversement dans les eaux de surface.

[2] Selon annexe 5 de la directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

[3] incl. Z_u au lieu de S3 dans les zones karstiques

[4] Les coefficient k nécessaires pour les différentes modes d'évacuation se trouvent dans l'annexe 3 de la directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

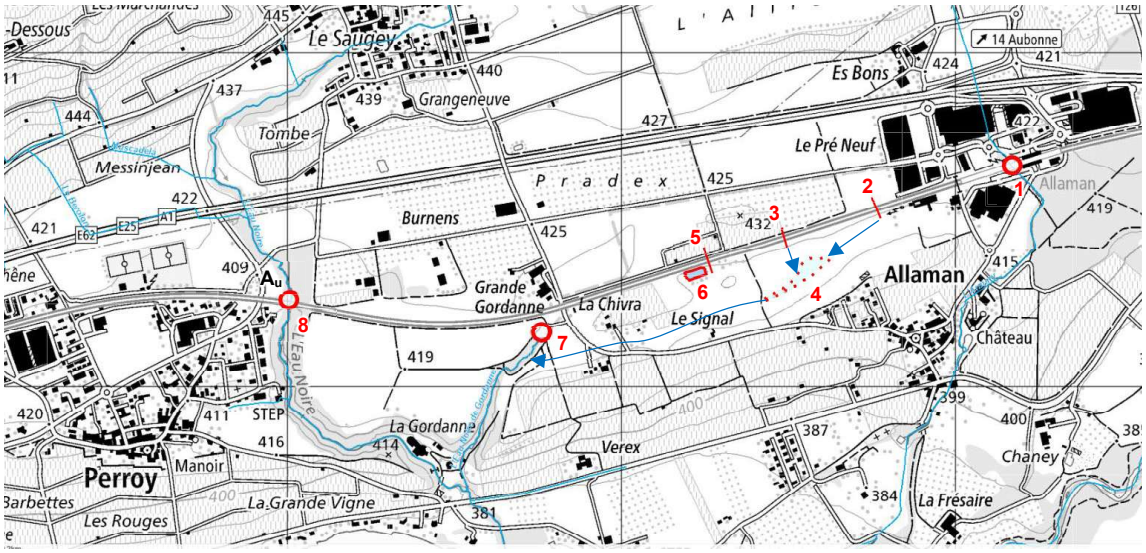


Figure 14 : points de déversement aux eaux superficielles – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

Inventaire des milieux récepteurs			
N°	**Exutoire**	**Remarque**	**Débit d'étiage**
1	Cours d'eau L'*Armary*	Ecomorphologie : mis sous terre	Q_{347}=24 l/s
2	Aqueduc	Aqueducs reliés aux drainages agricoles du plateau d'*Au Bon*, à priori jusqu'à L'*Eau Noire de Gordanne* (voir aléa ruissellement)	--
3	Aqueduc		
4	Dépression *Au Bon*		
5	Aqueduc	Aqueduc alimentant la zone humide du *Signal* (biotope protégé)	--
6	Bas marais du *Signal*		
7	Cours d'eau L'*Eau Noire de Gordanne*	Ecomorphologie : naturel	Q_{347}=2 l/s
8	Cours d'eau L'*Eau Noire*	Ecomorphologie : naturel	Q_{347}=8 l/s

Figure 15 : inventaire des milieux récepteurs

Les débits d'étiage sont issus des données fournies par la DGE-DIRNA-EAU, annexés au présent rapport.

Le déversement dans les eaux superficielles implique au préalable un examen de l'admissibilité pour la charge en polluants et la charge hydrique sur la base de la directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires ».

En fonction de la nature du lit (f_s) et de la typologie (f_g) des cours d'eau, selon la classification du tableau A4.1 de cette même directive, les charges en polluants et hydriques admissibles peuvent aisément être estimées compte tenu du débit d'étiage.

Charge en polluants et charge hydrique						
N°	**Milieu récepteur**	**f_s**[5]	**f_g**[6]	**Débit d'étiage Q_{347}**	**Débits entrants $Q_{E,max}$ admissibles**	
					Charge en polluant $Q_{E,max}<Q_{347}\ f_s\ f_g$	Charge hydrique $Q_{E,max}\leq 10\ Q_{347}\ f_s\ f_g$
1	L'*Armary*	1.5	0.5	24 l/s	18 l/s	180 l/s

[5] Nature du lit :
Sédiments fins : f_s=0.5 / graviers Ø<poing : f_s=1.0 / pierres Ø>poing : f_s=1.5 / blocs : f_s=2.0 / pour V≥1 : f_s=1.0

[6] Type de cours d'eau :
Ruisseau du Plateau $Q_{347}<0.1$ m³/s : f_g=0.5 / $0.1<Q_{347}<1.0$ m³/s : f_g=1.0 / pour V≥1 : f_g=1.0
Ruisseau des Préalpes $Q_{347}<0.1$ m³/s : f_g=1.0 / $0.1<Q_{347}<1.0$ m³/s : f_g=2.0 / pour V≥1 : f_g=1.0
Grand cours d'eau $Q_{347}>1.0$ m³/s : f_g=2.0 / pour V≥1 : f_g=1.0

Charge en polluants et charge hydrique						
N°	**Milieu récepteur**	**f_s**[5]	**f_g**[6]	**Débit d'étiage Q_{347}**	**Débits entrants $Q_{E,max}$ admissibles**	
					Charge en polluant $Q_{E,max}<Q_{347}\ f_s\ f_g$	Charge hydrique $Q_{E,max}\leq 10\ Q_{347}\ f_s\ f_g$
7	L'*Eau Noire de Gordanne*	1.5	0.5	2 l/s	1.5 l/s	15 l/s
8	L'*Eau Noire*	1.5	0.5	8 l/s	6 l/s	60 l/s

Figure 16 : charges en polluants et hydriques admissibles

D'après les valeurs du tableau ci-dessus, les eaux restituées[7] sans mesures de traitement et de rétention dans les cours d'eau dépasseraient inéluctablement certaines charges en polluants et hydriques admissibles, occasionnant des quotients de déversement **$V_g<1$, respectivement $V_g<0.1$**. Ainsi, les exigences pour le déversement dans les eaux superficielles sont définies à l'aide du tableau suivant :

Déversement dans les eaux superficielles[8]				
Rapport V dans les eaux réceptrices sans rétention	**Secteur de protection des eaux réceptrices**	**Classe de pollution des eaux évacuées des voies**		
		Faible	Moyenne	Elevée
$V_g, V_{g,max}>1$	üB	admissible	admissible	admissible
	A_o	admissible	admissible	admissible
$0.1\leq V_g, V_{g,max}\leq 1$ ou dans un lac	üB	admissible	admissible	avec traitement
	A_o	admissible	avec traitement	avec traitement
$V_g, V_{g,max}<0.1$	üB	avec rétention	avec rétention	avec rétention + traitement
	A_o	avec rétention	avec rétention + traitement	avec rétention + traitement

Figure 17 : conditions pour le déversement dans les eaux superficielles – source : directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

L'examen indique que le déversement des eaux des voies dans les eaux superficielles est admissible **sans traitement** pour une classe de pollution faible à moyenne, mais requiert une **rétention**.

Pour les tronçons n'offrant guère la possibilité d'infiltrer ou de déverser dans un milieu récepteur directement à proximité des voies, le raccordement dans une canalisation publique est de fait imposer par sa destination. Les aspects liés au plan général d'évacuation des eaux (PGEE) doivent être respectés.

Compte tenu du système d'assainissement séparatif et pour une classe de pollution faible à moyenne, le raccordement aux collecteurs des eaux claires qui ont pour émissaire un cours d'eau puis/ou le Lac Léman est possible sans traitement selon la figure précédente. Toutefois, une rétention est effectuée avant le raccordement pour ne pas surcharger les collecteurs publics.

Selon la DGE, les trop-pleins des installations de rétention sont en principe à ne pas raccorder à la canalisation mais à une dépression dans le terrain. Cette disposition est souvent entravée en raison du

[7] Période de retour de T=1 an, durée déterminante de t=15 à 25 minutes

[8]
- Admissible : déversement admissible sans traitement ou rétention, sous réserve de mesures d'assainissement des eaux polluées (art. 47 OEaux)
- Avec rétention : déversement admissible avec rétention. Il faut viser un rapport $V_G>1$, sous réserve des mesures d'assainissement des eaux polluées selon l'art. 47 OEaux.
- Avec traitement : déversement avec mesures de traitement en amont.
- Avec rétention et traitement : déversement admissible avec rétention et mesures de traitement en amont.

Si une condition de déversement $V_G>1$ ne peut s'obtenir qu'avec des volumes de rétention disproportionnés, il faut trouver la solution optimale et la plus économique au moyen d'analyses des voies d'eau différenciées et axées sur les immissions.

manque de place aux abords des voies. De ce fait, certains trop-pleins doivent être raccordés au collecteur des eaux claires et ne seront actifs qu'en cas d'événements de temps de retour de plus de 10 ans.

4.2.4 Examen de l'admissibilité du déversement dans une canalisation publique vers une STEP

Néant.

4.3 Proportionnalité de l'évacuation des eaux

Le mode d'évacuation des eaux prévus est une récolte des eaux de la plateforme des voies à l'aide d'un drainage de type 4a, raccordées à un collecteur des eaux claires public avant d'être déversées dans les cours d'eau adjacents.

5 Concept d'évacuation et de traitement des eaux

5.1 Hydrologie

5.1.1 Bassins versants

5.1.1.1 Sous-projet 1

Le sous-projet 1 est composé de 7 bassins versants dont le système d'évacuation des eaux est adapté, illustrés ci-dessous.

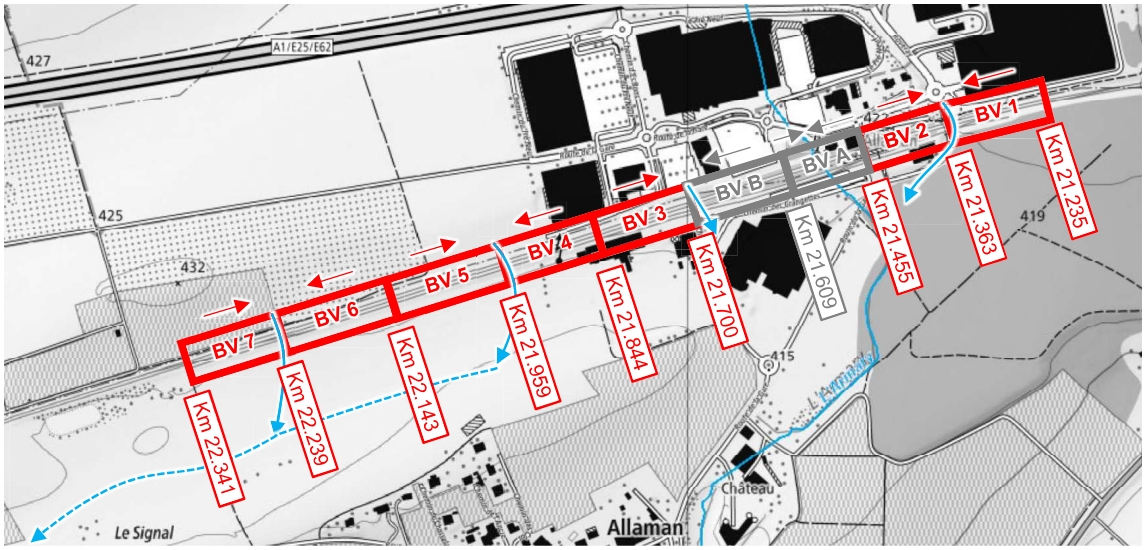


Figure 18 : illustration des bassins versants drainés (SP1) – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de ceux-ci.

Caractéristiques des zones de récolte des eaux							
Bassin versant	**BV 1**	**BV 2**	**BV 3**	**BV 4**	**BV 5**	**BV 6**	**BV 7**
Territoire communal	Allaman (VD)						
Type de tracé	Pl.-voie	Gare	Gare	Pl.-voie	Pl.-voie	Pl.-voie	Pl.-voie
Classe de pollution	Faible	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible	Faible	Faible
Mode d'évacuation	Collecteur EC → L'*Armary*			Aqueducs → Drainages agricoles → L'*Eau Noire de Gordanne*			
Kilométrage	21.235 - 21.358	21.368 - 21.453	21.700 - 21.844	21.844 - 21.959	21.959 - 22.143	22.143 - 22.239	22.239 - 22.341
Longueur approx.	123 m	85 m	144 m	115 m	184 m	96 m	102 m
Pente moyenne	9.0 ‰	9.0 ‰	0.4 ‰	0.2 ‰	0.2 ‰	0.1 ‰	0.1 ‰
Plateforme	0.06 ha	0.08 ha	0.07 ha	0.05 ha	0.08 ha	0.04 ha	0.05 ha

Caractéristiques des zones de récolte des eaux							
Bassin versant	**BV 1**	**BV 2**	**BV 3**	**BV 4**	**BV 5**	**BV 6**	**BV 7**
Talus	0.05 ha	--	0.12 ha	0.04 ha	0.10 ha	0.03 ha	0.03 ha
Surface totale	**0.11 ha**	**0.08 ha**	**0.19 ha**	**0.09 ha**	**0.18 ha**	**0.07 ha**	**0.08 ha**

Figure 19 : caractéristiques des surfaces drainées (SP1)

Les bassins versants A et B du km 21.368 au 21 700 sont actuellement munis de drainages maintenus sans adaptations dans le projet.

5.1.1.2 Sous-projet 2

Le sous-projet 2 est composé de 2 bassins versants dont le système d'évacuation des eaux est adapté, illustrés ci-dessous.

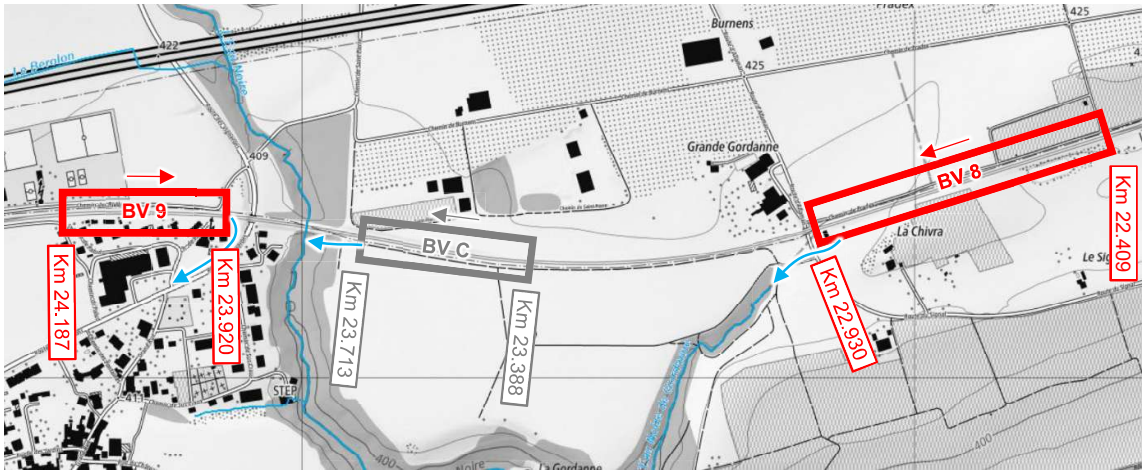


Figure 20 : illustration des bassins versants drainés (SP2) – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de ceux-ci.

Caractéristiques des zones de récolte des eaux		
Bassin versant	**BV8**	**BV9**
Territoire communal	Allaman (VD)	Perroy (VD)
Type de tracé	Pleine voie	Pleine voie
Classe de pollution	Faible	Faible
Mode d'évacuation	Collecteur EC → L'*Eau Noire de Gordanne*	Collecteur EC → L'*Eau Noire*
Kilométrage	22.409 – 22.930	23.920 – 24.187
Longueur approximative	521 m	267 m
Pente moyenne	4.4 ‰	8 ‰
Plateforme	0.24 ha	0.12 ha
Talus	0.11 ha	0.08 ha
Surface totale	**0.35 ha**	**0.20 ha**

Figure 21 : caractéristiques des surfaces drainées (SP2)

Le bassin versant C du km 23.388 au km 23.713 est actuellement muni d'un drainage maintenu sans adaptations dans le projet.

5.1.2 Données de base

Les hypothèses admises pour le calcul de l'intensité des pluies déterminantes sont données ci-dessous :

Hypothèses pour le calcul de l'intensité des pluies déterminantes		
Facteur, critère	**Référence**	
Région considérée	VSS 40'350	Plateau
Formule utilisée	FB 400-0207	$i_{(t,T)} = a_T/(t+b_T) \rightarrow q = i_{(t,T)}/0.36$
Coefficient de ruissellement	VSS 40'353	Plateforme des voies : ψ=0.6 Talus : ψ=0.2

Figure 22 : hypothèses pour le calcul de l'intensité des pluies

5.2 Hydraulique

5.2.1 Canalisations et drainages

Pour le dimensionnement des canalisations et des drainages, les vérifications ont été réalisées selon les règles figurant sur le tableau ci-dessous.

Paramètres pour le dimensionnement des canalisations et drainages		
Facteur, critère	**Référence**	
Temps de retour considéré	FB 400-0207	T=2 ans
Durée de pluie déterminante selon éloignement du point de calcul	VSS 40'357	0…300 m : t=15 min 301…600 m : t=20 min 601…1000 m : t=25 min
Intensité de la pluie	FB 400-0207	$q_{T=2/t=15}$=163 l/s/ha$_r$
Coefficient de Strickler	SIA D0264	k_s=81 m⅓/s
Coefficient de rugosité	SIA D0264	k_b=1.0 mm
Taux de remplissage	FB 400-0207	Tuyaux perforés 1/3 : h/d$_i$≤0.60 Tuyaux pleins : h/d$_i$≤0.85
Pente minimale	FB 400-0207	J_s≥0.5% - Une pente minimale de 0.3% est autorisée si une vitesse minimale de 0.6 m/s est assurée.
Diamètre minimal	FB 400-0207	DN 200
Vitesse d'écoulement	FB 400-0207	V≥0.6 m/s

Figure 23 : paramètres pour le dimensionnement des canalisations et des drainages

Les canalisations et les drainages auront une pente minimale de 0.5% dans la mesure du possible et un diamètre minimal de 200 mm.

Bien qu'une pente minimale de 0.5% soit exigée, il est vérifié que la vitesse minimale de l'écoulement de 0.6 m/s soit respectée (le calcul détaillé figure en annexe).

5.2.2 Déversement dans des eaux superficielles

Avant le déversement dans les eaux de surfaces, les eaux à évacuer transitent dans des canalisations communales d'eaux claires ou dans des drainages agricoles. Selon les directives du canton de Vaud (DGE), la limite pour le débit de restitution dans une canalisation publique est fixée à 20 l/s/ha pour des pluies de temps de retour de 10 ans. Le dimensionnement du système de rétention est donné dans les tableaux ci-dessous, sur la base des conditions précitées.

5.2.2.1 Sous-projet 1

Rétention avant déversement dans une canalisation des eaux claires					
Facteur, critère	**Référence**	**BV 1**	**BV 2**	**BV 3**	**BV 4**
Surface raccordée		A_e=0.11 ha	A_e=0.08 ha	A_e=0.19 ha	A_e=0.09 ha
Coef. de ruissellement moyen	VSS 40'353	Ψ=0.40	Ψ=0.60	Ψ=0.34	Ψ=0.42
Surface réduite de projet		$A_{réd}$=0.04 ha	$A_{réd}$=0.05 ha	$A_{réd}$=0.07 ha	$A_{réd}$=0.04 ha
Temps de retour considéré	DGE Vaud	T=10 ans	T=10 ans	T=10 ans	T=10 ans
Durée de pluie détermin.		t=35 min	t=45 min	t=30 min	t=35 min
Intensité de la pluie	VSS 40'350	q=153 l/s/ha_r	q=127 l/s/ha_r	q=170 l/s/ha_r	q=153 l/s/ha_r
Débit entrant		Q_e=6.8 l/s	Q_e=5.7 l/s	Q_e=11.0 l/s	Q_e=5.6 l/s
Débit de rejet spécifique	DGE Vaud	q_s=20 l/s/ha	q_s=20 l/s/ha	q_s=20 l/s/ha	q_s=20 l/s/ha
Débit de restitution		Q_s≤2.2 l/s	Q_s≤1.5 l/s	Q_s≤3.8 l/s	Q_s≤1.8 l/s
Facteur de sécurité		f_s=15%	f_s=15%	f_s=15%	f_s=15%
Volume nécessaire		**V=11 m³**	**V=13 m³**	**V=15 m³**	**V=9 m³**
Facteur, critère	**Référence**	**BV 5**	**BV 6**	**BV 7**	
Surface raccordée		A_e=0.18 ha	A_e=0.07 ha	A_e=0.08 ha	
Coef. de ruissellement moyen	VSS 40'353	Ψ=0.38	Ψ=0.43	Ψ=0.43	
Surface réduite de projet		$A_{réd}$=0.07 ha	$A_{réd}$=0.03 ha	$A_{réd}$=0.03 ha	
Temps de retour considéré	DGE Vaud	T=10 ans	T=10 ans	T=10 ans	
Durée de pluie détermin.		t=30 min	t=35 min	t=35 min	
Intensité de la pluie	VSS 40'350	q=170 l/s/ha_r	q=153 l/s/ha_r	q=153 l/s/ha_r	
Débit entrant		Q_e=11.8 l/s	Q_e=4.9 l/s	Q_e=5.1 l/s	
Débit de rejet spécifique	DGE Vaud	q_s=20 l/s/ha	q_s=20 l/s/ha	q_s=20 l/s/ha	
Débit de restitution		Q_s≤3.6 l/s	Q_s≤1.5 l/s	Q_s≤1.6 l/s	
Facteur de sécurité		f_s=15%	f_s=15%	f_s=15%	
Volume nécessaire		**V=17 m³**	**V=8 m³**	**V=9 m³**	

Figure 24 : tableau de dimensionnement du système de rétention (SP1) pour le déversement dans une canalisation des eaux claires

5.2.2.2 Sous-projet 2

Rétention avant déversement dans une canalisation des eaux claires			
Facteur, critère	**Référence**	**BV 8**	**BV 9**
Surface raccordée		A_e=0.35 ha	A_e=0.20 ha
Coef. de ruissellement moyen	VSS 40'353	Ψ=0.47	Ψ=0.44
Surface réduite de projet		$A_{réd}$=0.17 ha	$A_{réd}$=0.09 ha
Temps de retour considéré	DGE Vaud	T=10 ans	T=10 ans
Durée de pluie détermin.		t=35 min	t=35 min
Intensité de la pluie	VSS 40'350	q=153 l/s/ha_r	q=153 l/s/ha_r
Débit entrant		Q_e=25.1 l/s	Q_e=13.4 l/s
Débit de rejet spécifique	DGE Vaud	q_s=20 l/s/ha	q_s=20 l/s/ha
Débit de restitution		Q_s≤7.0 l/s	Q_s≤4.0 l/s
Facteur de sécurité		f_s=15%	f_s=15%
Volume nécessaire		**V=44 m³**	**V=23 m³**

Figure 25 : tableau de dimensionnement du système de rétention (SP2) pour le déversement dans une canalisation des eaux claires

Pour limiter le débit restitué à 20 l/s/ha, les volumes de stockage présentés dans le tableau ci-dessus sont requis par ouvrage de rétention. En cas d'avarie (déversement de liquides dangereux sur les voies) et pour répondre aux exigences de l'OPAM, une vanne d'urgence manuelle est installée dans la chambre de visite située au point bas de chaque bassin versant et les ouvrages sont conçus de manière étanche.

5.3 Principe d'évacuation et de traitement des eaux

5.3.1 Concept

Le concept pour le système d'évacuation et de traitement des eaux est le suivant :

- Pas d'assainissement ou de nouveau système d'évacuation des eaux dans les zones sans modifications importantes de l'infrastructure ;
- Récolte des eaux des voies à l'aide de drainages de type 4a dans les zones avec modification importante de l'infrastructure.
- Déversement des eaux dans des canalisations publiques des eaux claires et des drainages agricoles, avec rétention mais sans traitement ;
- Un dispositif de retenue des liquides dangereux est à prévoir selon l'OPAM et FB 400-0211.

5.3.2 Caractéristiques de l'équipement installé

Les équipements principaux sont décrits ci-dessous (liste non-exhaustive) :

Equipements du système d'évacuation et de traitement des eaux		
Equipement	**Fonction**	**Caractéristique**
Regard	Chambre de contrôle	800/600 (min.) Couvercle classe C250
Canalisation	Acheminement des eaux drainées vers un exutoire	PEHD SN 8 ø200 mm (min.)
Drainage *Cf. fig. 27*	Récolte des eaux de la plateforme des voies et des talus	Type 4a avec tuyau fendu 1/3 PP-HM SN 8 ø200 mm (min.)
Vanne d'urgence *Cf. FB 400-0211*	Retenue des liquides dangereux en cas d'avarie	Vanne guillotine manuelle[9] et panneau standardisé proche de la chambre à vanne : - BV 1 à 9 - BV A à C (drains existants)
Ouvrage de rétention *Cf. fig. 28 et 29*	Stockage des eaux pour un temps de retour de T≤10 ans	Stockage dans un tuyau de grand diamètre à la fin du tronçon drainé : - BV 1 : min 11 m³ (DN 700) - BV 2 : min 13 m³ (DN 1'300) - BV 3 : min 15 m³ (DN 800) - BV 4 : min 9 m³ (DN 700) - BV 5 : min 17 m³ (DN 800) - BV 6 : min 8 m³ (DN 1'000) - BV 7 : min 9 m³ (DN 800) - BV 8 : min 44 m³ (DN 1'200) Stockage dans un fossé végétalisé avec natte étanche : - BV 9 : min 25 m³ (A≈50 m²)
Limitateur de débit	Régulation du débit de restitution	Régulateur à tourbillon (vortex) en acier inox avec trop-plein intégré[10] :

[9] https://www.weyvalve.com/fr-ch/produits/vannes-murales/vanne-murale

[10] https://www.wildarmaturen.ch/katalog/assainissement/2999:equipement-de-chambres-bassins/regulateurs-de-debits/816

Equipements du système d'évacuation et de traitement des eaux		
Equipement	**Fonction**	**Caractéristique**
		- BV 1 : max 2.2 l/s - BV 2 : max 1.5 l/s - BV 3 : max 3.8 l/s - BV 4+5 : max 5.4 l/s - BV 6+7 : max 3.1 l/s - BV 8 : max 7.0 l/s - BV 9 : max 4.0 l/s
Trop-plein de sécurité	Evacuation des eaux excédentaires pour des temps de retour de T>10 ans	Altitude du trop-plein : - BV 1 : max 418.40 m s.m. - BV 2 : max 420.35 m s.m. - BV 3 : max 419.95 m s.m. - BV 4+5 : max 419.80 m s.m. - BV 6+7 : max 420.05 m s.m. - BV 8 : max 417.00 m s.m. - BV 9 : max 414.45 m s.m.

Figure 26 : matrice des équipements du système d'évacuation et de traitement des eaux

5.3.3 Détails types importants

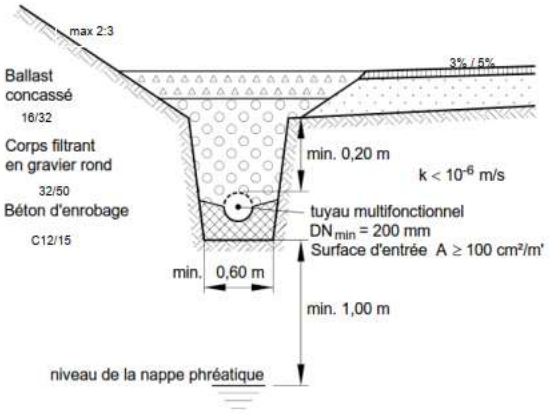


Figure 27 : illustration du mode d'évacuation des eaux de type 4a par tranchée non imperméabilisée avec drain perforé – source : directive OFT et OFEV « Evacuation des eaux des installations ferroviaires »

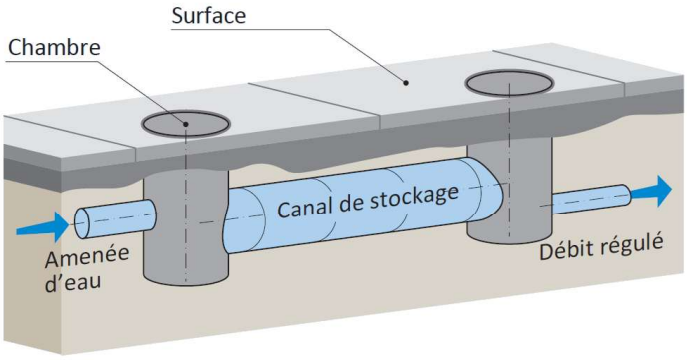


Figure 28 : illustration d'un ouvrage de stockage dans un tuyau de grand diamètre – source : directive VSA « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie »

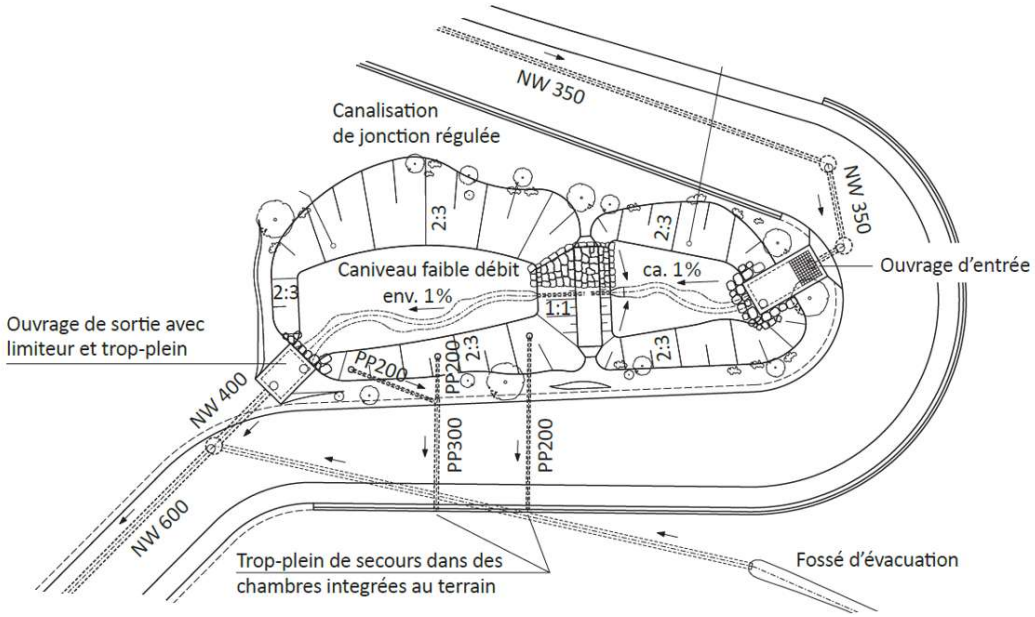


Figure 29 : illustration d'un fossé de rétention à ciel ouvert – source : directive VSA « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie »

6 Synthèse

La planification de l'évacuation des eaux des voies est soumise à la directive OFT et OFEV intitulée « Evacuation des eaux des installations ferroviaires ».

Selon les recommandations de cette dernière et en fonction des conditions locales rencontrées, il apparaît comme opportun de prévoir un nouveau système d'évacuation des eaux des voies dans les tronçons subissant des modifications importantes de l'infrastructure.

Dans les sections sur lesquelles sont mis en place des drainages, les eaux récoltées sont, en fonction des possibilités de déversement évaluées, restituées dans des canalisations publiques des eaux claires ou dans des drainages agricoles après rétention, puis acheminées vers différents cours d'eau environnants. Les tronçons drainés seront munis de vannes d'urgence en cas de déversement de liquides dangereux. Compte tenu de la classe de pollution faible, aucun traitement des eaux n'est requis.

Les emprises restreintes aux abords des voies limitent les possibilités d'aménagement d'ouvrages de rétention. Le volume stockable dans les tuyaux de transport est à considérer, avec une augmentation de la taille du diamètre, afin d'utiliser le maximum de linéaire à disposition le long des voies et d'éviter tout type d'ouvrages qui nécessitent des emprises sur les propriétés voisines.

sd ingénierie lausanne sa, le 3 juillet 2025

7 Signature

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne

Lausanne, le 3 juillet 2025

Annexe 1

Note de calculs hydrauliques

sd ingénierie lausanne sa (2025)

Dimensionnement des collecteurs

Tronçon ou bassin versant considéré					Capacité du collecteur selon documentation technique D 0264 de la norme SIA 190													
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Débit de rejet Q_s**	**Type de tuyau considéré**	**Diamètre extérieur d_e**	**Diamètre intérieur d_i**	**Pente du collecteur J_s**	**Coefficient de Strickler K_s**	**Vitesse d'écoulement V**	**Hauteur d'eau dans le tuyau h**	**Nombre de Froude F_r**	**Taux de remplissage diphasique z_G**	**Taux de remplissage normal z**	**Taux de remplissage avec étouffement (choking) z_c**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_r]	[-]	[ans]	[min]	[l/s]	[-]	[mm]	[mm]	[%]	[m⅓/s]	[m/s]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]
Bassin versant n°1																		
BV1 - Ch101-Ch102	0.068	0.37	0.025	Plateau	2.0	15.0	4.4	PE/SN8	200	181	0.39%	81	0.6	62	0.85	9%	34%	80%
BV1 - Ch105-Ch102	0.044	0.45	0.020	Plateau	2.0	15.0	3.4	PE/SN8	200	181	0.91%	81	0.7	44	1.34	8%	24%	65%
BV1 - Ch102-Ch103				Plateau			7.8	PE/SN8	200	181	2.00%	81	1.2	55	1.96	13%	30%	55%
BV1 - Ch103-Ch104				Plateau			7.8	PRV/PN6/SN10k	700	690	0.53%	81	0.7	47	1.33	2%	7%	76%
BV1 - Ch104-Ch106	0.111	1.00	0.111	Plateau			2.2	PE/SN8	200	181	0.50%	81	0.5	41	1.00	6%	23%	77%
BV1 - Ch106-Ch.ex.	0.111	1.00	0.111	Plateau			2.2	PE/SN8	200	181	10.00%	81	1.5	19	4.60	7%	11%	55%
Bassin versant n°2																		
BV2 - Ch630-Ch627 (exist)	0.034	0.60	0.020	Plateau	2.0	15.0	3.5	PE/SN8	200	181	0.29%	81	0.5	60	0.73	8%	33%	83%
BV2 - Ch627-Ch612 (exist)	0.041	0.60	0.025	Plateau	2.0	15.0	7.8	PE/SN8	200	181	0.77%	81	0.8	71	1.16	13%	39%	69%
BV2 - Ch612-Ch201				Plateau			7.8	PE/SN8	200	181	0.57%	81	0.7	77	0.98	13%	43%	75%
BV2 - Ch201-Ch202				Plateau			7.8	PE/SN8	200	181	0.62%	81	0.8	75	1.03	13%	42%	73%

Tronçon ou bassin versant considéré					Capacité du collecteur selon documentation technique D 0264 de la norme SIA 190													
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Débit de rejet Q_s**	**Type de tuyau considéré**	**Diamètre extérieur d_e**	**Diamètre intérieur d_i**	**Pente du collecteur J_s**	**Coefficient de Strickler K_s**	**Vitesse d'écoulement V**	**Hauteur d'eau dans le tuyau h**	**Nombre de Froude F_r**	**Taux de remplissage diphasique z_G**	**Taux de remplissage normal z**	**Taux de remplissage avec étouffement (choking) z_c**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_i]	[-]	[ans]	[min]	[l/s]	[-]	[mm]	[mm]	[%]	[$m^{1/3}/s$]	[m/s]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]
BV2 - Ch203-Ch202				Plateau			7.8	PRV/PN6/SN10k	1300	1280	0.77%	81	0.8	35	1.78	1%	3%	69%
BV2 - Ch202-Ch204				Plateau			7.8	PE/SN8	200	181	0.50%	81	0.7	80	0.92	12%	44%	77%
BV2 - Ch204-Ch.ex.	0.075	1.00	0.075	Plateau			1.5	PE/SN8	200	181	10.00%	81	1.4	16	4.61	6%	9%	55%
Bassin versant n°3																		
BV3 - Ch401-Ch306	0.059	0.35	0.021	Plateau	2.0	15.0	3.6	PE/SN8	200	181	0.53%	81	0.6	52	1.01	8%	29%	76%
BV3 - Ch306-Ch305	0.067	0.33	0.022	Plateau	2.0	15.0	7.5	PE/SN8	250	226	0.30%	81	0.6	81	0.77	9%	36%	83%
BV3 - Ch305-Ch304	0.066	0.33	0.022	Plateau	2.0	15.0	11.3	PE/SN8	250	226	0.32%	81	0.7	100	0.76	11%	44%	82%
BV3 - Ch304-Ch303				Plateau			11.3	PE/SN8	200	181	1.00%	81	1.0	81	1.29	16%	45%	62%
BV3 - Ch303-Ch302				Plateau			11.3	PRV/PN6/SN10k	800	788	0.54%	81	0.8	55	1.37	2%	7%	76%
BV3 - Ch302-Ch301	0.192	1.00	0.192	Plateau			3.8	PE/SN8	200	181	1.44%	81	0.9	41	1.70	8%	23%	55%
BV3 - Ch301-Ch.ex.	0.192	1.00	0.192	Plateau			3.8	PE/SN8	200	181	1.09%	81	0.8	44	1.47	8%	24%	59%
Bassin versant n°4																		
BV4 - Ch401-Ch402	0.047	0.36	0.017	Plateau	2.0	15.0	2.9	PE/SN8	200	181	0.52%	81	0.6	46	1.02	7%	26%	76%

Tronçon ou bassin versant considéré					Capacité du collecteur selon documentation technique D 0264 de la norme SIA 190													
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Débit de rejet Q_s**	**Type de tuyau considéré**	**Diamètre extérieur d_e**	**Diamètre intérieur d_i**	**Pente du collecteur J_s**	**Coefficient de Strickler K_s**	**Vitesse d'écoulement V**	**Hauteur d'eau dans le tuyau h**	**Nombre de Froude F_r**	**Taux de remplissage diphasique z_G**	**Taux de remplissage normal z**	**Taux de remplissage avec étouffement (choking) z_c**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_i]	[-]	[ans]	[min]	[l/s]	[-]	[mm]	[mm]	[%]	[$m^{1/3}/s$]	[m/s]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]
BV4 - Ch402-Ch403	0.031	0.44	0.014	Plateau	2.0	15.0	5.3	PE/SN8	200	181	0.50%	81	0.6	64	0.96	10%	36%	77%
BV4 - Ch404-Ch403	0.011	0.60	0.006	Plateau	2.0	15.0	1.1	PE/SN8	200	181	1.24%	81	0.6	23	1.61	4%	12%	55%
BV4 - Ch403-Ch405				Plateau			6.4	PE/SN8	200	181	1.00%	81	0.9	59	1.37	11%	33%	62%
BV4 - Ch405-Ch502				Plateau			6.4	PRV/PN6/SN10k	700	690	0.54%	81	0.7	43	1.34	2%	6%	76%
Bassin versant n°5																		
BV5 - Ch601-Ch507	0.055	0.36	0.020	Plateau	2.0	15.0	3.5	PE/SN8	200	181	0.50%	81	0.6	51	0.99	8%	28%	77%
BV5 - Ch507-Ch506	0.061	0.34	0.021	Plateau	2.0	15.0	7.1	PE/SN8	200	181	0.51%	81	0.7	75	0.94	12%	41%	77%
BV5 - Ch506-Ch505	0.045	0.38	0.017	Plateau	2.0	15.0	10.0	PE/SN8	250	226	0.29%	81	0.6	96	0.73	10%	42%	83%
BV5 - Ch504-Ch505	0.021	0.60	0.012	Plateau	2.0	15.0	2.1	PE/SN8	200	181	0.69%	81	0.6	37	1.19	6%	20%	71%
BV5 - Ch505-Ch503				Plateau			12.2	PE/SN8	200	181	0.67%	81	0.9	95	1.00	17%	53%	72%
BV5 - Ch503-Ch502				Plateau			12.2	PRV/PN6/SN10k	800	788	0.51%	81	0.8	57	1.33	2%	7%	77%
BV5 - Ch502-Ch501	0.269	1.00	0.269	Plateau			5.4	PE/SN8	200	181	0.93%	81	0.8	55	1.34	10%	30%	64%
BV5 - Ch501-Ch.ex.	0.269	1.00	0.269	Plateau			5.4	PE/SN8	200	181	0.93%	81	0.8	55	1.34	10%	30%	64%

Tronçon ou bassin versant considéré					Capacité du collecteur selon documentation technique D 0264 de la norme SIA 190													
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Débit de rejet Q_s**	**Type de tuyau considéré**	**Diamètre extérieur d_e**	**Diamètre intérieur d_i**	**Pente du collecteur J_s**	**Coefficient de Strickler K_s**	**Vitesse d'écoulement V**	**Hauteur d'eau dans le tuyau h**	**Nombre de Froude F_r**	**Taux de remplissage diphasique z_G**	**Taux de remplissage normal z**	**Taux de remplissage avec étouffement (choking) z_c**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_i]	[-]	[ans]	[min]	[l/s]	[-]	[mm]	[mm]	[%]	[$m^{1/3}/s$]	[m/s]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]
Bassin versant n°6																		
BV6 - Ch601-Ch602	0.030	0.42	0.013	Plateau	2.0	15.0	2.2	PE/SN8	200	181	0.66%	81	0.6	38	1.16	6%	21%	72%
BV6 - Ch602-Ch603	0.028	0.44	0.012	Plateau	2.0	15.0	4.4	PE/SN8	200	181	0.40%	81	0.6	62	0.86	9%	34%	80%
BV6 - Ch604-Ch603	0.016	0.44	0.007	Plateau	2.0	15.0	1.2	PE/SN8	200	181	1.19%	81	0.6	24	1.58	4%	13%	56%
BV6 - Ch603-Ch605				Plateau			5.6	PE/SN8	200	181	1.00%	81	0.8	55	1.38	10%	30%	62%
BV6 - Ch605-Ch702				Plateau			5.6	PRV/PN6/SN10k	1000	985	0.50%	81	0.6	36	1.37	1%	4%	77%
Bassin versant n°7																		
BV7 - Ch707-Ch706	0.029	0.43	0.012	Plateau	2.0	15.0	2.1	PE/SN8	200	181	0.65%	81	0.6	37	1.15	6%	21%	73%
BV7 - Ch706-Ch705	0.029	0.43	0.012	Plateau	2.0	15.0	4.3	PE/SN8	200	181	0.41%	81	0.6	61	0.87	9%	34%	80%
BV7 - Ch704-Ch705	0.021	0.42	0.009	Plateau	2.0	15.0	1.5	PE/SN8	200	181	0.83%	81	0.6	30	1.31	5%	16%	67%
BV7 - Ch705-Ch703				Plateau			5.8	PE/SN8	200	181	1.00%	81	0.8	56	1.38	11%	31%	62%
BV7 - Ch703-Ch702				Plateau			5.8	PRV/PN6/SN10k	800	788	0.51%	81	0.6	40	1.33	1%	5%	77%
BV7 - Ch702-Ch701	0.152	1.00	0.152	Plateau			3.0	PE/SN8	200	181	0.75%	81	0.6	43	1.23	7%	24%	69%

Tronçon ou bassin versant considéré					Capacité du collecteur selon documentation technique D 0264 de la norme SIA 190													
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Débit de rejet Q_s**	**Type de tuyau considéré**	**Diamètre extérieur d_e**	**Diamètre intérieur d_i**	**Pente du collecteur J_s**	**Coefficient de Strickler K_s**	**Vitesse d'écoulement V**	**Hauteur d'eau dans le tuyau h**	**Nombre de Froude F_r**	**Taux de remplissage diphasique z_G**	**Taux de remplissage normal z**	**Taux de remplissage avec étouffement (choking) z_c**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_i]	[-]	[ans]	[min]	[l/s]	[-]	[mm]	[mm]	[%]	[$m^{1/3}/s$]	[m/s]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]
BV7 - Ch701-Ch.ex.	0.152	1.00	0.152	Plateau			3.0	PE/SN8	200	181	0.50%	81	0.6	48	1.00	7%	26%	77%
Bassin versant n°8																		
BV8 - Ch801-Ch802	0.024	0.60	0.014	Plateau	2.0	15.0	2.5	PE/SN8	200	181	0.67%	81	0.6	40	1.16	6%	22%	72%
BV8 - Ch802-Ch803	0.023	0.60	0.014	Plateau	2.0	15.0	4.9	PP/SN8	200	186	0.40%	81	0.6	64	0.87	9%	35%	80%
BV8 - Ch803-Ch804	0.021	0.60	0.012	Plateau	2.0	15.0	7.0	PP/SN8	200	186	0.50%	81	0.7	74	0.94	11%	40%	77%
BV8 - Ch804-Ch805	0.027	0.60	0.016	Plateau	2.0	15.0	9.8	PP/SN8	200	186	0.51%	81	0.8	89	0.91	14%	48%	77%
BV8 - Ch805-Ch806	0.046	0.32	0.015	Plateau	2.0	15.0	12.3	PP/SN8	200	186	0.50%	81	0.8	103	0.86	16%	55%	77%
BV8 - Ch806-Ch807	0.063	0.34	0.022	Plateau	2.0	15.0	16.1	PP/SN8	250	233	0.51%	81	0.9	106	0.95	13%	45%	77%
BV8 - Ch807-Ch808	0.057	0.36	0.020	Plateau	2.0	15.0	19.6	PP/SN8	250	233	0.51%	81	0.9	119	0.92	15%	51%	77%
BV8 - Ch808-Ch809	0.037	0.45	0.017	Plateau	2.0	15.0	22.5	PP/SN8	250	233	0.51%	81	0.9	130	0.89	17%	56%	77%
BV8 - Ch809-Ch810	0.032	0.60	0.019	Plateau	2.0	15.0	25.9	PP/SN8	250	233	0.50%	81	1.0	142	0.85	18%	61%	77%
BV8 - Ch811-Ch810	0.021	0.60	0.012	Plateau	2.0	15.0	2.1	PP/SN8	**200**	186	0.91%	81	0.6	34	1.38	6%	18%	65%
BV8 - Ch811-Ch812				Plateau			28.0	PP/SN8	250	233	13.02%	81	3.3	59	5.30	21%	25%	55%

Tronçon ou bassin versant considéré					Capacité du collecteur selon documentation technique D 0264 de la norme SIA 190													
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Débit de rejet Q_s**	**Type de tuyau considéré**	**Diamètre extérieur d_e**	**Diamètre intérieur d_i**	**Pente du collecteur J_s**	**Coefficient de Strickler K_s**	**Vitesse d'écoulement V**	**Hauteur d'eau dans le tuyau h**	**Nombre de Froude F_r**	**Taux de remplissage diphasique z_G**	**Taux de remplissage normal z**	**Taux de remplissage avec étouffement (choking) z_c**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_i]	[-]	[ans]	[min]	[l/s]	[-]	[mm]	[mm]	[%]	[$m^{1/3}/s$]	[m/s]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]
BV8 - Ch812-Ch813				Plateau			28.0	PP/SN8	**500**	466	3.61%	81	2.0	64	3.22	7%	14%	55%
BV8 - Ch813-Ch814				Plateau			28.0	PRV/PN6/SN10k	1200	1182	1.04%	81	1.2	64	2.03	2%	5%	61%
BV8 - Ch814-Ch815	0.348	1.00	0.348	Plateau			7.0	PE/SN8	200	181	0.52%	81	0.7	74	0.95	12%	41%	76%
BV8 - Ch815-Ch.ex.	0.348	1.00	0.348	Plateau			7.0	PE/SN8	200	181	0.49%	81	0.7	75	0.92	12%	42%	77%
Bassin versant n°9																		
BV9 - Ch908-Ch907	0.045	0.47	0.021	Plateau	2.0	15.0	3.6	PE/SN8	200	181	0.80%	81	0.7	46	1.26	8%	26%	68%
BV9 - Ch907-Ch906	0.044	0.42	0.019	Plateau	2.0	15.0	6.9	PE/SN8	200	181	0.80%	81	0.8	65	1.21	12%	36%	68%
BV9 - Ch906-Ch905	0.039	0.42	0.016	Plateau	2.0	15.0	9.7	PE/SN8	200	181	0.80%	81	0.9	79	1.16	14%	44%	68%
BV9 - Ch905-Ch904	0.039	0.43	0.017	Plateau	2.0	15.0	12.6	PE/SN8	200	181	0.81%	81	1.0	92	1.12	17%	51%	68%
BV9 - Ch904-Ch903	0.033	0.48	0.016	Plateau	2.0	15.0	15.3	PE/SN8	200	181	0.81%	81	1.0	104	1.06	20%	58%	68%
BV9 - Ch903-Ch902				Plateau			15.3	PE/SN8	250	226	0.92%	81	1.1	88	1.33	14%	39%	64%
BV9 - Bassin-Ch901				Plateau			15.3	PE/SN8	250	226	1.00%	81	1.1	86	1.39	14%	38%	62%
BV9 - Ch901-Ch001	0.199	1.00	0.199	Plateau			4.0	PE/SN8	250	226	3.00%	81	1.1	32	2.60	7%	14%	55%

Figure A 1: tableau de vérification des collecteurs

Dimensionnement des volumes de rétention

Le tableau suivant présente le calcul permettant de déterminer le volume de rétention nécessaire.

Tronçon ou bassin versant considéré					Volume de rétention selon VSS 40 350												
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Facteur a_T**	**Facteur b_T**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée Q_e**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet Q_s**	**Volume de rétention $V_{rét}$**	**Facteur de sécurité f_s**	**Volume majoré $V_{rét} + f_s$**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_r]	[-]	[ans]	[min]	[-]	[-]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[m^3]	[%]	[m^3]
Bassin versant n°1																	
BV1 - Plateforme	0.056	0.60	0.033	Plateau													
BV1 - Talus	0.056	0.20	0.011	Plateau													
BV1 - TOTAL	0.111	0.40	0.044	Plateau	10.0	35.0	45.660	0.247	152.7	61.1	6.8	50.0	20.0	2.2	9.6	15%	11.0
Bassin versant n°2																	
BV2 - Plateforme	0.075	0.60	0.045	Plateau													
BV2 - Talus	0.000	0.20	0.000	Plateau													
BV2 - TOTAL	0.075	0.60	0.045	Plateau	10.0	45.0	45.660	0.247	127.2	76.3	5.7	33.3	20.0	1.5	11.3	15%	13.0
Bassin versant n°3																	
BV3 - Plateforme	0.066	0.60	0.040	Plateau													
BV3 - Talus	0.126	0.20	0.025	Plateau													
BV3 - TOTAL	0.192	0.34	0.065	Plateau	10.0	30.0	45.660	0.247	169.8	57.3	11.0	59.3	20.0	3.8	12.9	15%	14.8
Bassin versant n°4																	
BV4 - Plateforme	0.048	0.60	0.029	Plateau													
BV4 - Talus	0.040	0.20	0.008	Plateau													
BV4 - TOTAL	0.088	0.42	0.037	Plateau	10.0	35.0	45.660	0.247	152.7	63.7	5.6	47.9	20.0	1.8	8.0	15%	9.2
Bassin versant n°5																	
BV5 - Plateforme	0.084	0.60	0.050	Plateau													
BV5 - Talus	0.098	0.20	0.020	Plateau													
BV5 - TOTAL	0.181	0.38	0.070	Plateau	10.0	30.0	45.660	0.247	169.8	65.3	11.8	52.0	20.0	3.6	14.8	15%	17.0

Tronçon ou bassin versant considéré					Volume de rétention selon VSS 40 350												
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Facteur a_T**	**Facteur b_T**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée Q_e**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet Q_s**	**Volume de rétention $V_{rét}$**	**Facteur de sécurité f_s**	**Volume majoré $V_{rét} + f_s$**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_r]	[-]	[ans]	[min]	[-]	[-]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[m^3]	[%]	[m^3]
Bassin versant n°6																	
BV6 - Plateforme	0.043	0.60	0.026	Plateau													
BV6 - Talus	0.031	0.20	0.006	Plateau													
BV6 - TOTAL	0.074	0.43	0.032	Plateau	10.0	35.0	45.660	0.247	152.7	66.1	4.9	46.3	20.0	1.5	7.2	15%	8.2
Bassin versant n°7																	
BV7 - Plateforme	0.045	0.60	0.027	Plateau													
BV7 - Talus	0.034	0.20	0.007	Plateau													
BV7 - TOTAL	0.078	0.43	0.033	Plateau	10.0	35.0	45.660	0.247	152.7	65.4	5.1	46.7	20.0	1.6	7.4	15%	8.6
Bassin versant n°8																	
BV8 - Plateforme	0.238	0.60	0.143	Plateau													
BV8 - Talus	0.110	0.20	0.022	Plateau													
BV8 - TOTAL	0.348	0.47	0.165	Plateau	10.0	35.0	45.660	0.247	152.7	72.3	25.1	42.2	20.0	7.0	38.2	15%	43.9
Bassin versant n°9																	
BV9 - Plateforme	0.120	0.60	0.072	Plateau													
BV9 - Talus	0.079	0.20	0.016	Plateau													
BV9 - TOTAL	0.199	0.44	0.088	Plateau	10.0	35.0	45.660	0.247	152.7	67.4	13.4	45.3	20.0	4.0	19.8	15%	22.8

Figure A 2 : tableau de dimensionnement des volumes de rétention

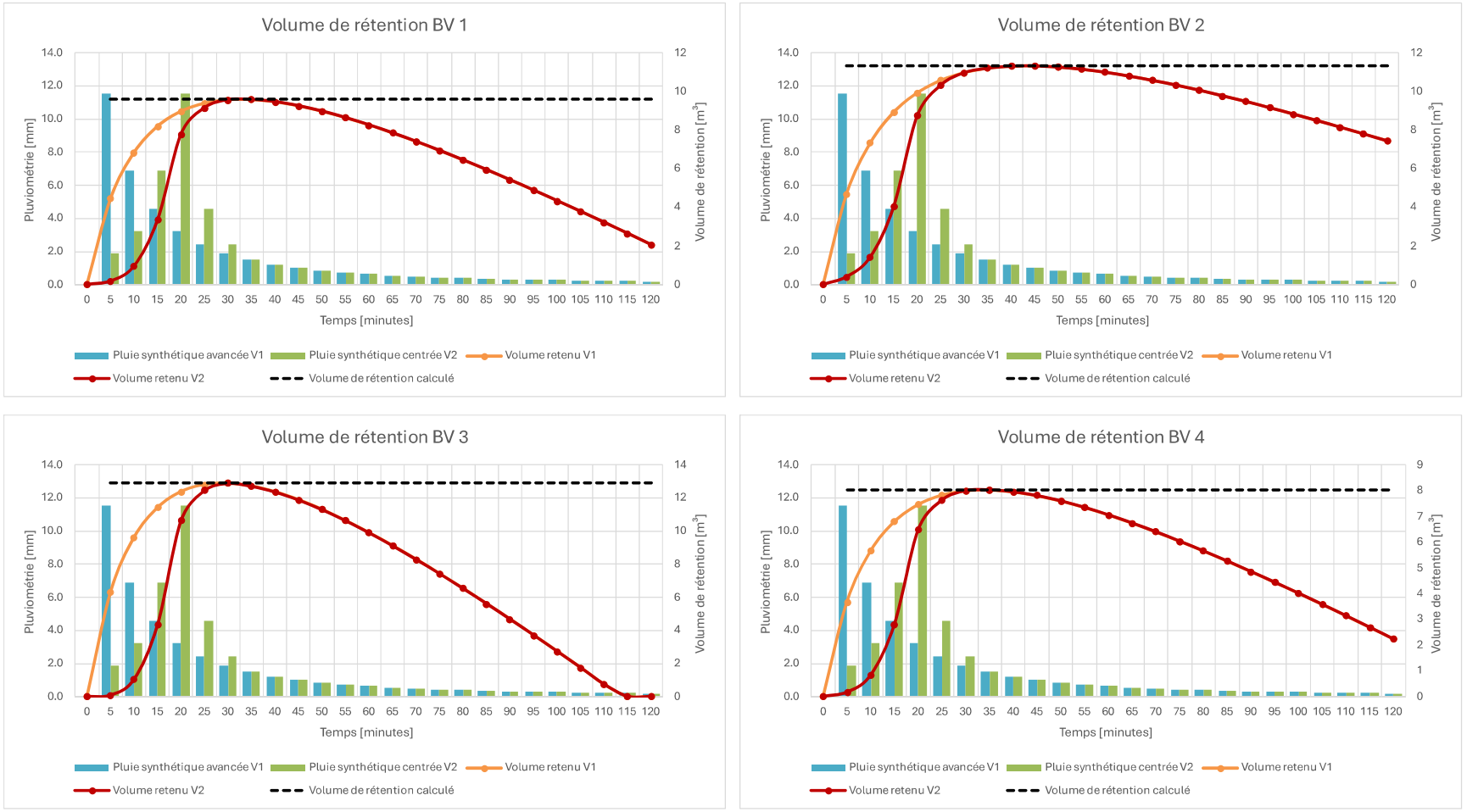


Figure A 3 : pluviogrammes et courbes de rétention (BV 1 à 4)

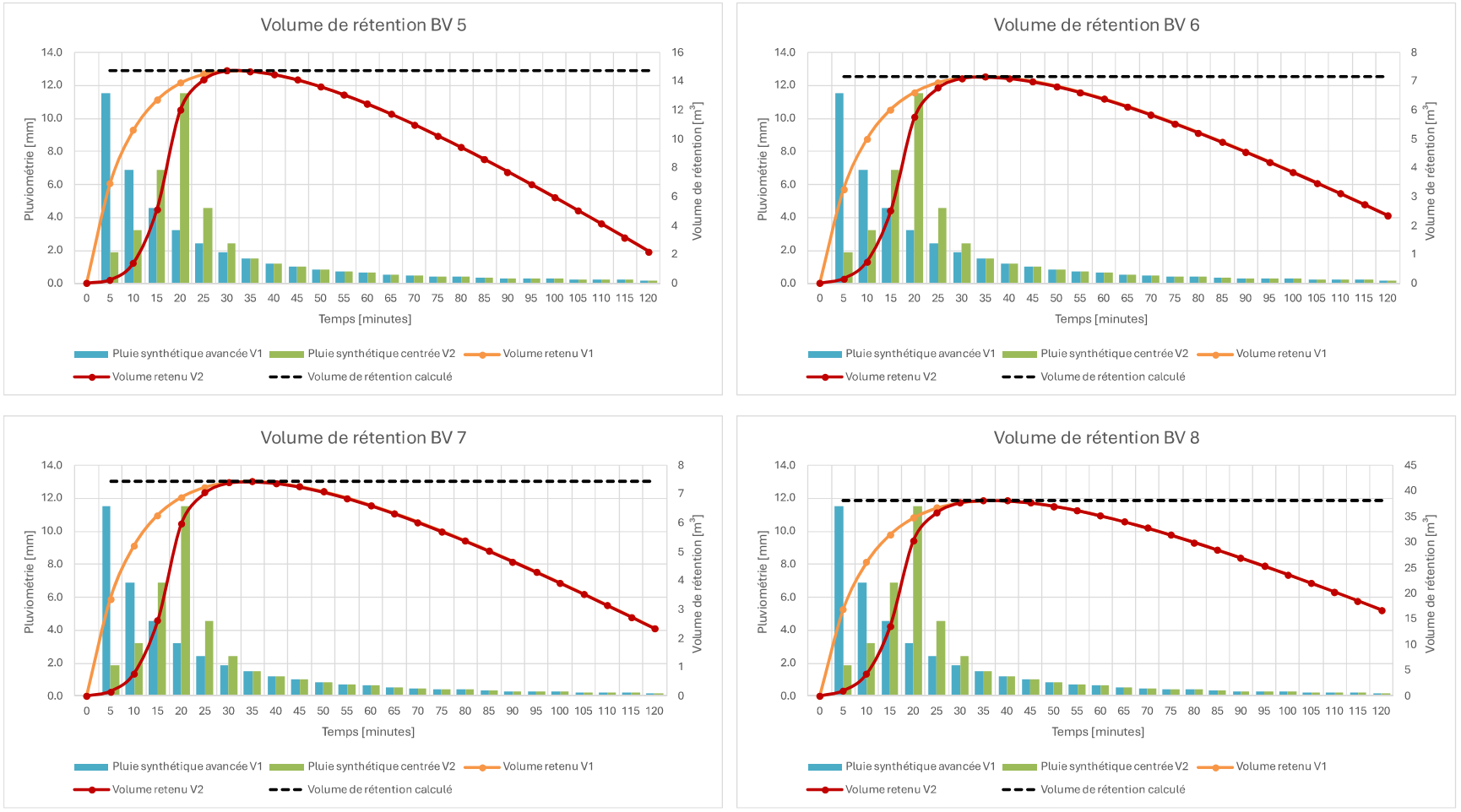


Figure A 4 : pluviogrammes et courbes de rétention (BV 5 à 8)

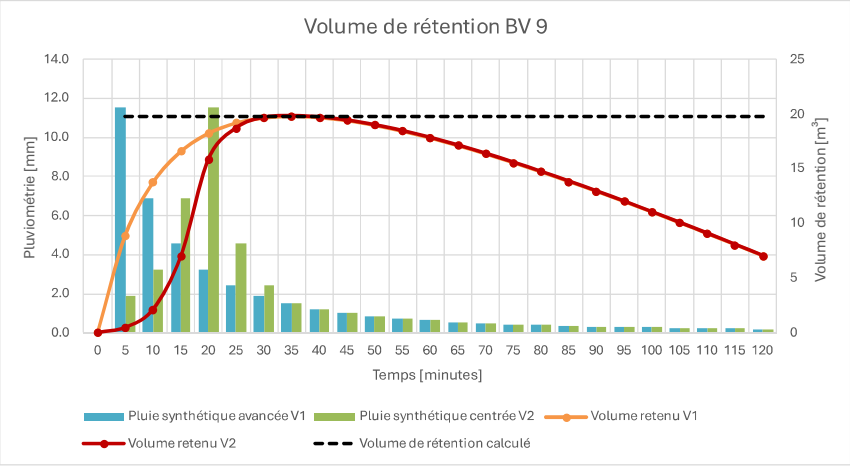


Figure A 5 : pluviogrammes et courbes de rétention (BV 9)

Dimensionnement du volume de stockage dans les tuyaux

Le tableau suivant présente le calcul permettant de déterminer le volume à disposition dans les tuyaux de rétention.

Analyse du volume de rétention disponible dans les tuyaux										
Zone de récolte	**Tronçon drainé**	**Altitude du point haut h_1**	**Altitude du point bas h_2**	**Longueur du tronçon L**	**Pente du tronçon J_s**	**Altitude du trop-plein $N_{w,max}$**	**Niveau d'eau sur le collecteur h_w**	**Diamètre du collecteur D**	**Volume disponible dans le tuyau V_1**	**Volume cumulé ΣV**
[N°]	[N°]	[m s.m.]	[m s.m.]	[m]	[%]	[m s.m.]	[m]	[mm]	[m^3]	[m^3]
Bassin versant n°1	BV1 - Ch103-Ch104	417.73	417.55	33.75	0.5%	418.40	0.76	690	12.6	12.6
Bassin versant n°2	BV2 - Ch203-Ch202	419.45	419.35	13.00	0.8%	420.35	0.95	1280	13.3	13.4
	BV2 - Ch202-Ch204	419.30	419.29	2.00	0.5%	420.35	1.06	181	0.1	
Bassin versant n°3	BV3 - Ch303-Ch302	419.22	419.05	31.60	0.5%	419.95	0.81	788	15.4	15.4
Bassin versant n°4	BV4 - Ch405-Ch502	419.00	418.85	27.76	0.5%	419.80	0.88	690	10.4	10.4
Bassin versant n°5	BV5 - Ch503-Ch502	419.04	418.85	37.03	0.5%	419.80	0.85	788	18.1	18.1
Bassin versant n°6	BV6 - Ch605-Ch702	419.49	419.40	17.95	0.5%	420.05	0.61	985	8.8	8.8
Bassin versant n°7	BV7 - Ch703-Ch702	419.52	419.40	23.58	0.5%	420.05	0.59	788	9.2	9.2
Bassin versant n°8	BV8 - Ch812-Ch813	416.45	416.35	2.77	3.6%	417.00	0.60	466	0.5	42.7*
	BV8 - Ch813-Ch814	415.85	415.45	38.50	1.0%	417.00	1.35	1182	42.2	

Figure A 6 : tableau de dimensionnement des volumes de stockage à disposition

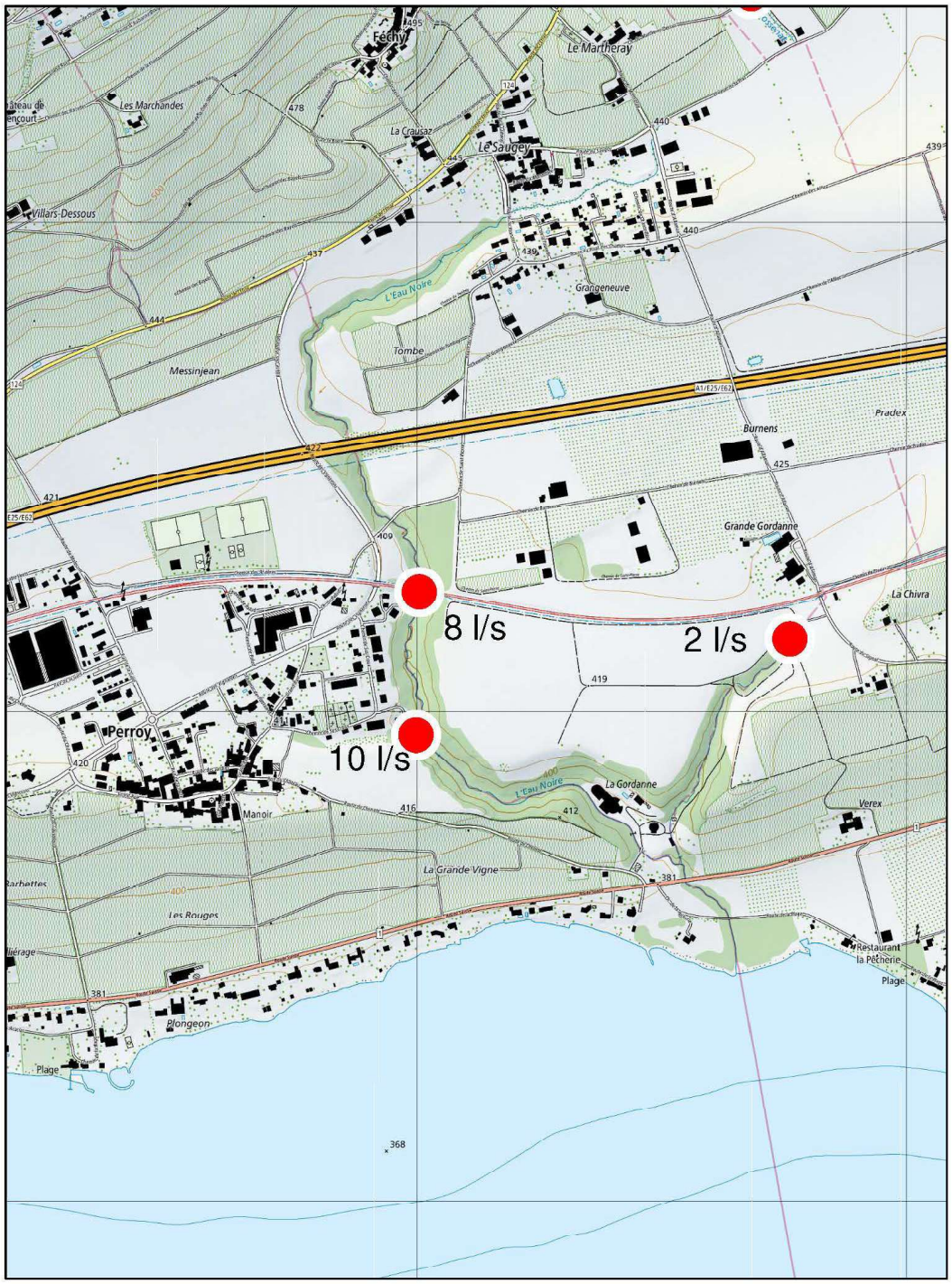
* Le solde du volume nécessaire pour obtenir les valeurs de dimensionnement requises sont à compter dans les chambres aux deux extrémités des tuyaux de stockage.

Annexe 2

Débits d'étiage des cours d'eau environnants

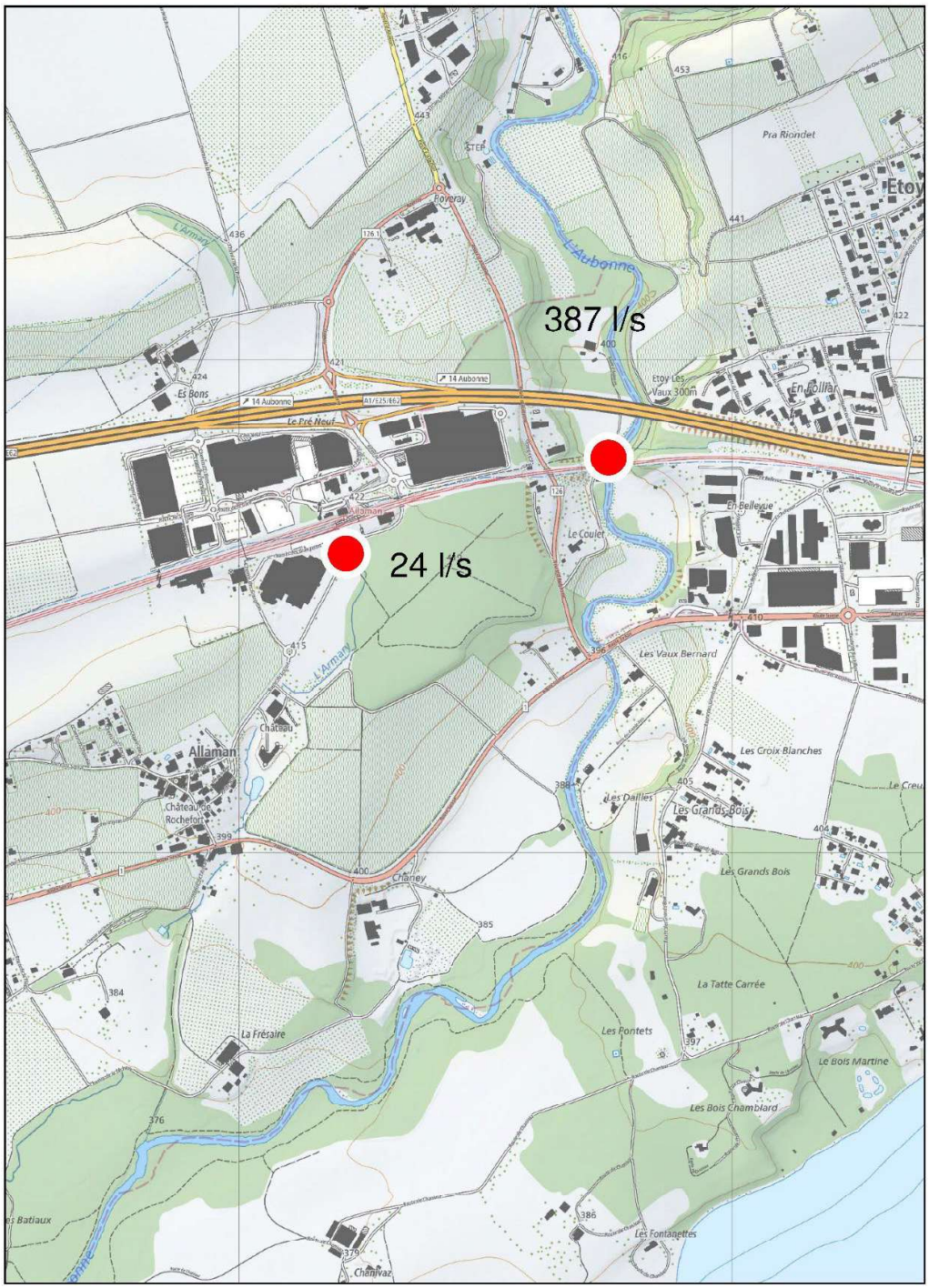
DGE-DIRNA-EAU du Canton de Vaud (2025)

Débits d'étiage



canton de vaud

Débits d'étiage (Q347)



SBB CFF FFS

12.991.02

Ligne : 150

Désignation : Lausanne – Genève-Aéroport

Km : 0.000 – 66.600

Canton : Vaud

Communes : Allaman, Féchy, Perroy

Projets : **FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy**
Renouvellement de la voie 1 / voie 315

N° ISP : 1159693 / 1158099

Phase : **Procédure d'approbation des plans**

Signatures :

Représentant·e(s) du maître de l'ouvrage CFF		Auteur·e(s) du projet	
Service :	I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1	Entreprise :	sd ingénierie lausanne sa
Fonction :	Chef de projet général	Fonction :	Chef de projet
Nom :	Stéphane Koessler	Nom :	François Yerly
Signature :		Signature :	

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Ing. civil, sd ingénierie lausanne sa
Lausanne, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

SBB CFF FFS

Concept de gestion des eaux de chantier

Index	Création	Vérification	Validation
A	03.07.2025	FM/FY	
B			
C			
D			
E			
F			

12.991.02_Concept de gestion des eaux de chantier_2025.07.03
Version A éditée le 03.07.2025

Ligne : 150 Km : 21.240 – 24.255

CFF SA, Infrastructure
Projets d'Aménagement de Renouvellement
Engineering – Voie Ferrée
Rue de la Gare de Triage 7
CH – 1020 Renens

Groupement VFRomandie
sd ingénierie lausanne sa

Table des matières

1 Introduction 2
1.1 Champ d'application et but 2
1.2 Résumé, vue d'ensemble du projet 2
1.3 Structure du dossier 2
1.4 Bases légales 2
2 Travaux prévus 3
2.1 Généralités 3
2.2 Localisation de l'objet 4
3 Concept de gestion des eaux de chantier 5
3.1 Caractéristiques générales du chantier 5
3.2 Organigramme, rôles et tâches des acteurs opérationnels 5
3.3 Evaluation des risques selon la norme SIA 431 :2022 6
3.4 Mode d'évacuation des eaux de chantier 10
3.5 Installations de traitement 13
4 Synthèse 17
5 Signature 17

Annexes

[1] Schéma de gestion des eaux de chantier, sd ingénierie lausanne sa (2025)
[2] Dimensionnement des débits à traiter, sd ingénierie lausanne sa (2025)

1 Introduction

1.1 Champ d'application et but

Ce document définit le concept de gestion des eaux de chantier élaboré lors de la procédure d'approbation des plans (PAP) en vue de la demande d'autorisation (phase SIA 33), selon les normes et directives en vigueur.

Le présent document s'appuie notamment sur la norme SIA 431 :2022 qui fixe :

- Les règles du traitement et de l'évacuation des eaux de chantier durant les différentes phases de construction ;
- La sécurité de l'entreposage des substances pouvant polluer les eaux ;
- Les responsabilités et rôles des différents acteurs ;
- Les mesures d'urgences à prendre en cas d'événement extraordinaire.

La définition des points mentionnés ci-dessus s'effectue sur la base d'une évaluation des risques liés à la protection des eaux par étapes itératives, tel que le recommande ladite norme.

1.2 Résumé, vue d'ensemble du projet

Le projet se situe sur la ligne 150 : Lausanne – Genève et le tronçon concerné, du km 21.240 au km 24.255, traverse les communes de Allaman, Féchy et Perroy dans le canton de Vaud. Les voies 1 et 315 classées en catégorie VP1, sont sollicitées par près de 70'000 tonnes-brutes-complètes par jour avec une vitesse maximale de 140 km/h. Le tronçon se trouve en secteur de protection des eaux A_u. La totalité de la ligne 150 est à double voie.

Les voies 1 et 315 composées de rails 60E1 sur traverses en béton, ont été renouvelées pour la dernière fois entre 1980 et 1981. L'état d'usure et de détérioration des voies indique que la durée de vie de ces dernières est atteinte et qu'elles doivent être renouvelées. La maintenance de la voie ferrée fait partie intégrante du programme de renouvellement de la superstructure mené par les CFF. Ce renouvellement est effectué afin de garantir la sécurité et de permettre un entretien économique et durable des installations de voie.

Le projet comporte des interventions au niveau du système de récolte des eaux de la plateforme ferroviaire. L'évacuation des eaux doit par conséquent respecter les prescriptions en vigueur.

1.3 Structure du dossier

La présente procédure d'approbation des plans (PAP) concerne les sous-projets du programme de renouvellement des voies suivants :

- Sous-projet 1 : FbE27 Allaman voie 1 du km 21.240 au km 22.341 (y.c. tracé en gare) ;
- Sous-projet 2 : FbE26 Allaman-Perroy voie 315 du km 22.409 au km 24.455.

1.4 Bases légales

Les éléments développés dans la présente notice technique s'appuient sur les prescriptions légales (LEaux, LCHim, LPE, OEaux, OChim, OGEaux, OLED, etc.) ainsi que sur les directives et les normes en vigueur décrites ci-après.

1.4.1 Directives et documentations

- Directive OFT/OFEV : Evacuation des eaux des installations ferroviaires, 2018 ;
- Directive VSA : Gestion des eaux urbaines par temps de pluie, 2019 ;
- Directives cantonales liées à la protection et à l'utilisation des eaux souterraines ou superficielles, ainsi qu'à l'évacuation des eaux produites sur le chantier ;
- Documentation OFEV : Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines, 2004 ;
- PGEE communal : Plan général d'évacuation des eaux ;
- Ensemble des directives DE-OCF, RTE et PEQ.

1.4.2 Normes

- VSS SN 640’340a : Evacuation des eaux de chaussée – Bases, 2003 ;
- VSS 40'350 : Evacuation des eaux de chaussée – Intensité des pluies, 2019 ;
- VSS 40'353 : Evacuation des eaux de chaussée – Débit, 2019 ;
- SIA 118/431 : Conditions générales relatives au traitement et à l’évacuation des eaux de chantier, 2022
- SIA 190 : Canalisations, 2017 ;
- SIA 431 : Evacuation et traitement des eaux de chantier, 2022 ;
- SIA EN 858-1 : Installations de séparation de liquides légers, 2004 ;
- SIA D 0264 : Hydraulique, 2019 ;
- SN 592'000 : Installations pour l’évacuation des eaux des biens-fonds – Conception et exécution, 2024 ;
- Ensemble des normes SSIGE en vigueur.

2 Travaux prévus

2.1 Généralités

Les travaux de criblage du ballast ou d’excavation totale, n’impactant pas la couche de fondation, sont considérés comme des modifications mineures et ne sont, le plus souvent, pas accompagnés d’interventions sur le système d’évacuation des eaux.

Les interventions d’assainissement de la couche de fondation avec de la grave type PSS sont considérées comme des modifications importantes. Pour ce type d’interventions ainsi que pour les zones de criblage nécessitant la création d’un nouveau drainage et pour les nouveaux ouvrages, une évaluation des mesures de traitement et d’évacuation des eaux de chantier est nécessaire.

Les travaux prévus sont décrits ci-dessous :

Description des travaux prévus		
Voie Kilométrage	**Interventions sur l’infrastructure de voie**	**Mesures pour le système d’évacuation des eaux**
V1 (SP1) 21.240 – 21.358	Infrastructure type PSS	Nouveau drainage type 4a
V1 (SP1) 21.358 – 21.368	Excavation totale	--
V1 (SP1) 21.368 – 21.453	Infrastructure type PSS	Drainage existant maintenu
V1 (SP1) 21.453 – 21.458	Excavation totale	--
V1 (SP1) 21.458 – 21.700	Infrastructure type PSS	Drainage existant maintenu
V1 (SP1) 21.700 – 22.341	Infrastructure type PSS	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 22.409 – 22.463	Infrastructure type PSS	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 22.463 – 22.930	Criblage de ballast	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 22.930 – 23.408	Criblage de ballast	--
V315 (SP2) 23.408 – 23.687	Criblage de ballast	Drainage existant maintenu
V315 (SP2) 23.687 – 23.920	Criblage de ballast	--

Description des travaux prévus		
Voie Kilométrage	**Interventions sur l'infrastructure de voie**	**Mesures pour le système d'évacuation des eaux**
V315 (SP2) 23.920 – 24.187	Criblage de ballast	Nouveau drainage type 4a
V315 (SP2) 24.187 – 24.255	Criblage de ballast	--

Figure 1 : description des travaux prévus

2.2 Localisation de l'objet

2.2.1 Sous-projet 1

Le sous-projet 1 est composé de 7 bassins versants dont le système d'évacuation des eaux est adapté, illustrés ci-dessous.

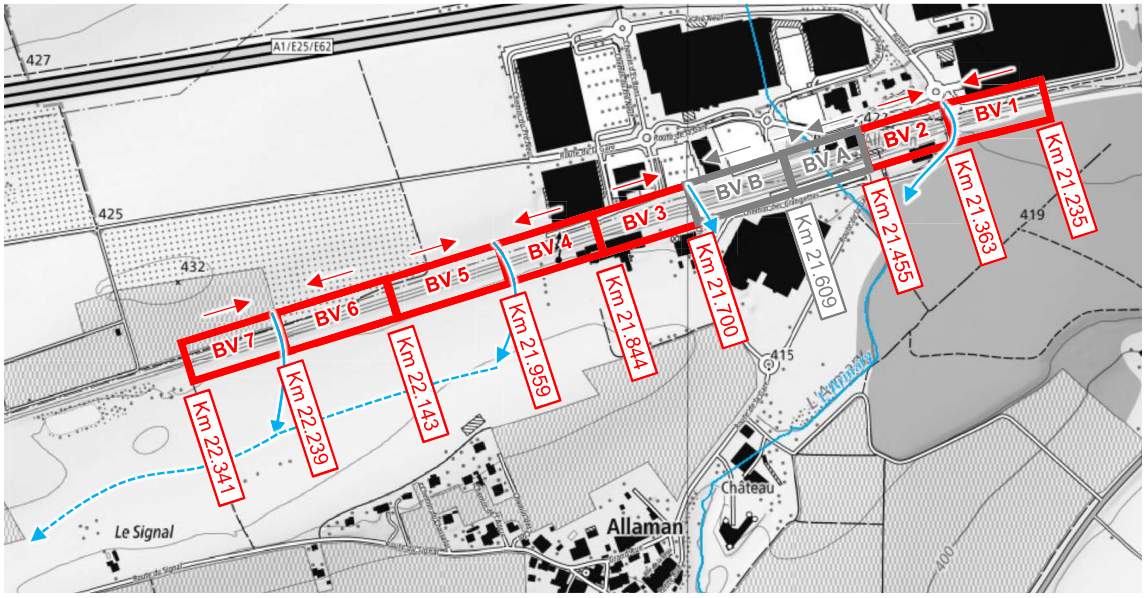


Figure 2 : illustration des bassins versants drainés (SP1) – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

Les caractéristiques des bassins versants sont donnés au chapitre 5.1.1.1 du concept d'évacuation des eaux, pièce PAP n°12.991.01 du présent dossier.

2.2.2 Sous-projet 2

Le sous-projet 2 est composé de 2 bassins versants dont le système d'évacuation des eaux est adapté, illustrés ci-dessous.

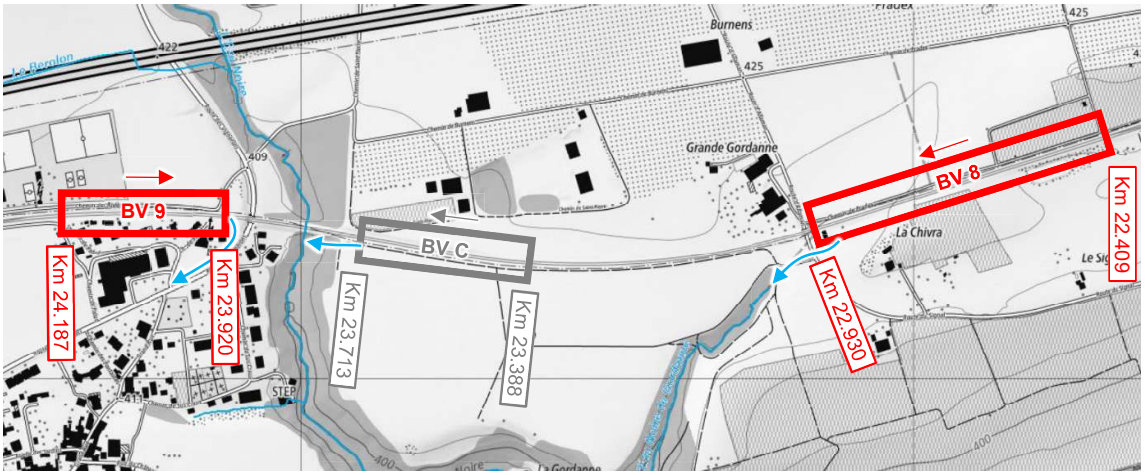


Figure 3 : illustration des bassins versants drainés (SP2) – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

Les caractéristiques des bassins versants sont donnés au chapitre 5.1.1.2 du concept d'évacuation des eaux, pièce PAP n°12.991.01 du présent dossier.

3 Concept de gestion des eaux de chantier

3.1 Caractéristiques générales du chantier

3.1.1 Durée des travaux

3.1.1.1 Sous-projet 1

- Durée des travaux : 5 mois environ
- Début des travaux : février 2027
- Fin des travaux : août 2027

3.1.1.2 Sous-projet 2

- Durée des travaux : 13 mois environ
- Début des travaux : août 2027
- Fin des travaux : août 2028

3.1.2 Phasage

La ligne concernée par les travaux possède un trafic particulièrement élevé, les travaux se dérouleront par conséquent de nuit en deux 2 phases, soit sur une voie à la fois. Il est prévu de réaliser les travaux sur la voie 1 en 2027 et les travaux sur la voie 315 entre 2027 et 2028.

La majeure partie des travaux prévue dans le projet consiste à du criblage du ballast, à l'exception de certains tronçons concernés par une réfection d'infrastructure type PSS.

3.2 Organigramme, rôles et tâches des acteurs opérationnels

L'organigramme sera établi lors de l'adjudication des travaux.

3.3 Evaluation des risques selon la norme SIA 431 :2022

L'importance de la protection des eaux est déterminée pour un projet de construction à l'aide du processus en trois étapes décrit ci-après. La première évaluation (Étape 1 : détermination des risques au regard de la protection des eaux) doit se faire dans tous les cas. La nécessité des étapes 2 et 3 dépend de la taille du projet de construction, de même que des processus de construction, des substances utilisées et de la nature des biens à protéger.

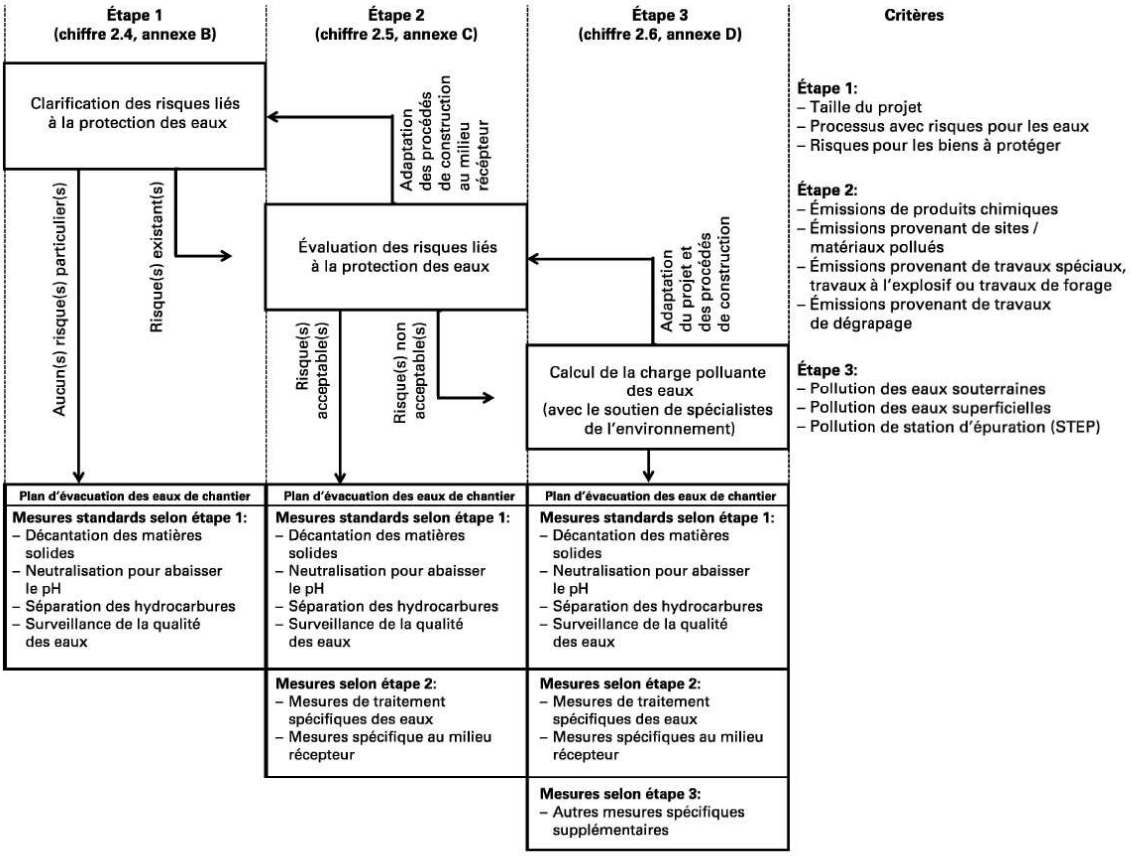


Figure 4 : vue d'ensemble du processus en trois étapes – source : norme SIA 431 :2022

3.3.1 Etape 1 : clarification des risques liés à la protection des eaux

3.3.1.1 Processus de clarification

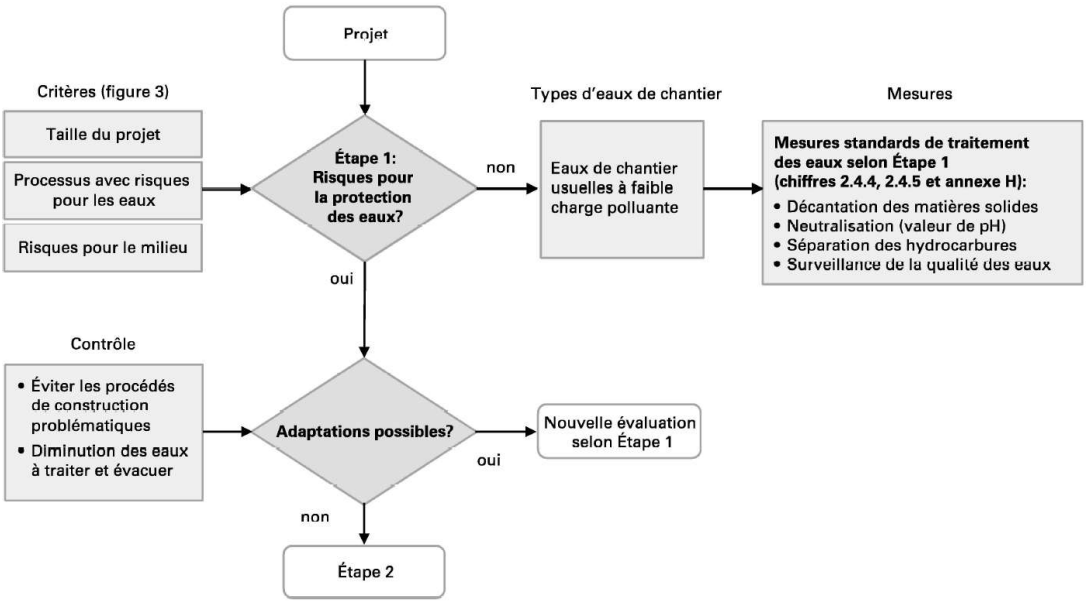


Figure 5 : processus d'évaluation de l'étape 1 – source : norme SIA 431 :2022

3.3.1.2 Evaluation

Tout projet d'ouvrage doit être analysé à l'aide des critères énoncés dans la figure suivante. Si aucun des critères n'est rempli, les mesures standards de traitement et d'évacuation des eaux de chantier doivent être définies pour chaque phase de construction sur la base de l'étape 1, et être consignées dans le plan d'évacuation des eaux. Si un ou plusieurs critères sont remplis, il convient de procéder à une évaluation des risques liés à la protection des eaux conformément à la deuxième étape du processus.

Critères d'évaluation de l'étape 1		
Taille du projet	Investissement > 10 mio. de CHF	☐
	Volume > 15'000 m^3	☐
	Ouvrage soumis à EIE	☐
Processus avec risque pour les eaux	Traitement de surface	☐
	Travaux spéciaux	☒
	Utilisation d'explosifs	☐
	Percement de tunnel	☐
	Construction sur un site pollué	☒
	Matériaux de déconstruction pollués	☒
	Dépôts de matériaux d'excavation contaminés	☒
	Enlèvement de surface	☐
Risques pour les biens à protéger	Zone de protection des eaux souterraines Périmètre de protection des eaux souterraines	☐
	Eaux superficielles Espace réservé aux eaux	☒

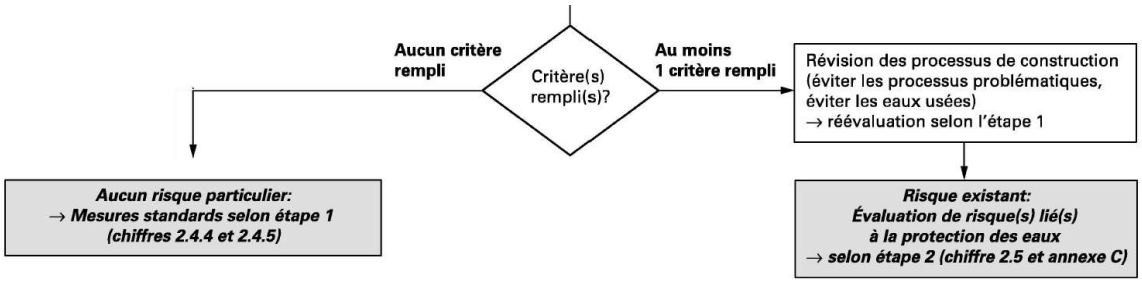


Figure 6 : critères d'évaluation de l'étape 1 – source : norme SIA 431 :2022

L'entier du projet se trouve en secteur de protection des eaux A_u. Aucune zone S de protection des eaux digne de protection n'est répertoriée.

Il toutefois existe un risque pour les eaux superficielles induit par le déversement des eaux de drainage des voies, nécessitant une évaluation des risques selon l'étape n°2.

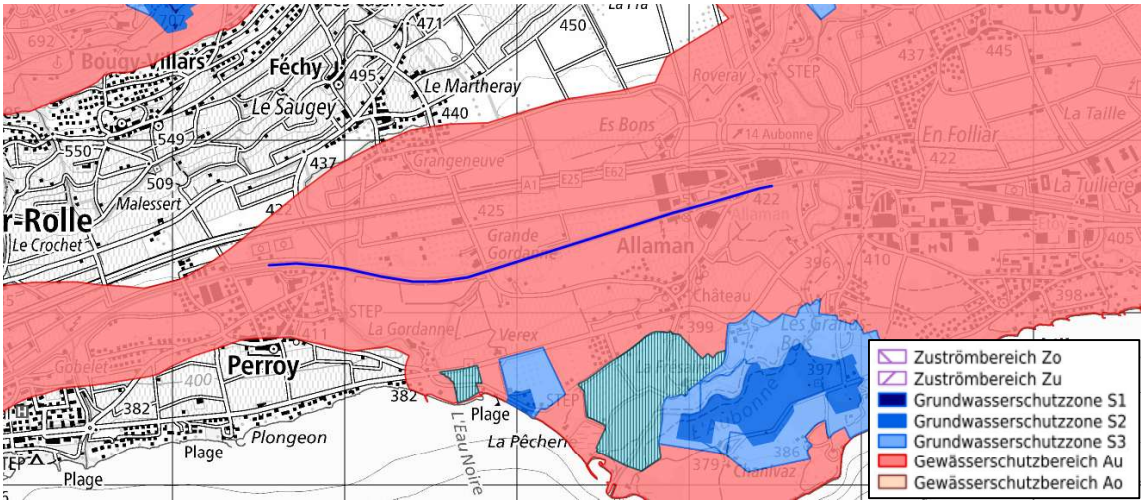


Figure 7 : secteurs de protection des eaux – source : extrait de la plateforme map.geo.admin

L'installation de chantier prévue au sud des voies sur la parcelle n°90 de la gare empiète sur une zone inscrite au cadastre des sites pollués, ne nécessitant ni surveillance ni assainissement, mais n'occasionnera pas d'impact particulier. En revanche, la construction d'un collecteur accompagné de travaux de fouille sur le bien-fonds n°92, inscrit en site pollué mais sur lequel il n'y a pas d'atteinte nuisible et incommodante attendue, nécessite également une évaluation des risques selon l'étape 2.



Figure 8 : sites pollués – source : extrait de la plateforme geoportail.vd

3.3.2 Etape 2 : évaluation des risques liés à la protection des eaux

3.3.2.1 Processus de clarification

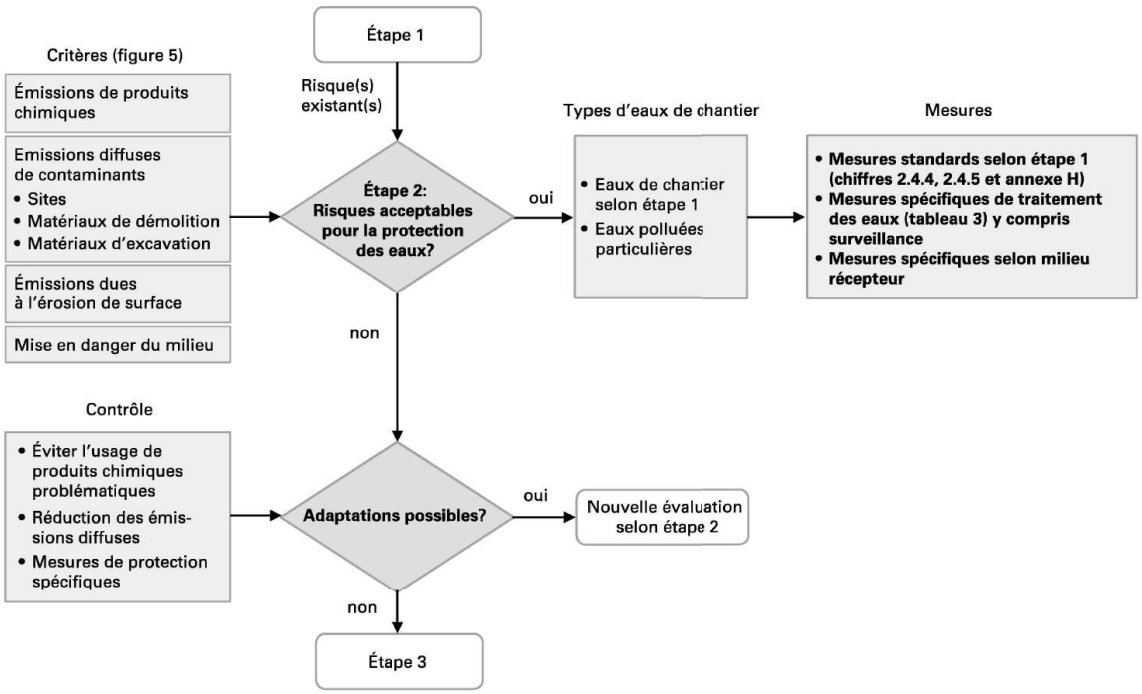


Figure 9 : processus d'évaluation de l'étape 2 – source : norme SIA 431 :2022

3.3.2.2 Evaluation

Les risques de pollution des eaux liés à l'utilisation de produits chimiques, aux sites pollués, aux matériaux pollués, aux travaux de démolition et aux traitements de surface doivent être estimés et évalués conformément aux critères énoncés dans la figure suivante.

Critères d'évaluation de l'étape 2		
Émission(s) liée(s) à l'utilisation de produit(s) chimique(s) sur de gros projets et processus critique en lien avec la protection des eaux	Utilisation de produits chimiques de la construction. Par ex. adjuvants de béton, de (micro-)pieux forés, parois moulées, injections, percement de tunnel	☒
Émissions diffuses liées aux sites pollués, aux matériaux de déconstruction pollués, matériaux d'excavation et émission par enlèvement de surface	Sites pollués, matériaux de déconstruction pollués, matériaux d'excavation Par ex. fondations contaminées, percement, hydrodémolition à haute pression,	☒
	Enlèvement de surface Par ex. décapage de couches de peinture	☐
Risques pour le milieu	Activités de construction à proximité de zone de protection des eaux souterraines ou d'un cours d'eau	☒

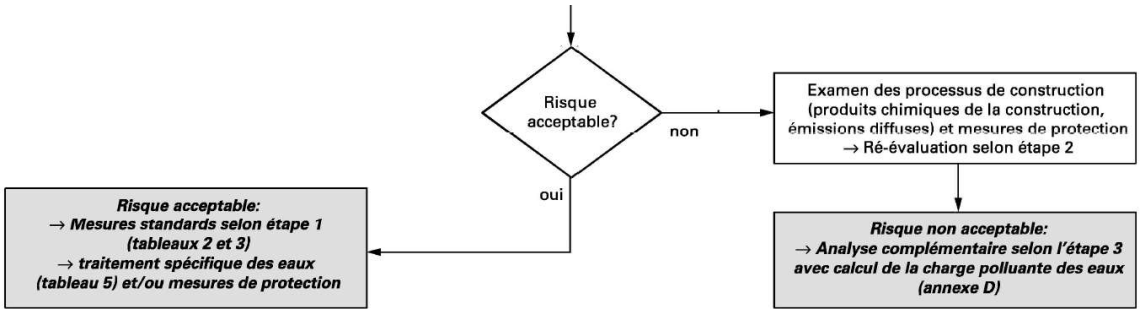


Figure 10 : critères d'évaluation de l'étape 2 – source : norme SIA 431 :2022

Des mesures de protection standards des eaux seront mises en place afin de réduire les risques de pollution du milieu (eaux de surface).

3.3.3 Etape 3 : calcul de la charge polluante des eaux

3.3.3.1 Processus de clarification

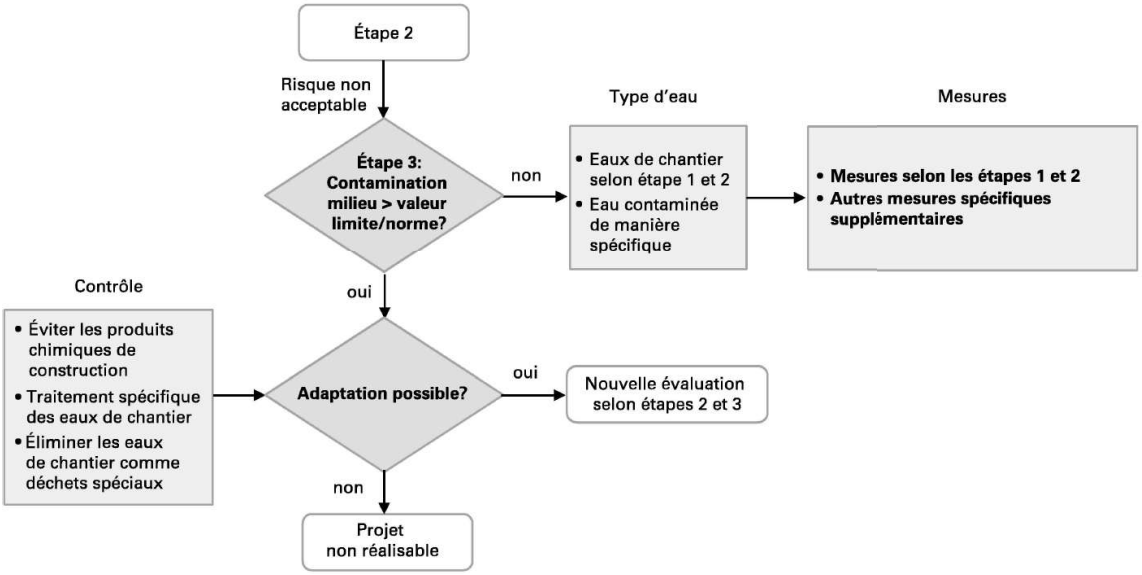


Figure 11 : processus d'évaluation de l'étape 3 – source : norme SIA 431 :2022

3.3.3.2 Evaluation

Il n'est pas opportun d'évaluer l'étape n°3.

3.4 Mode d'évacuation des eaux de chantier

3.4.1 Types d'eaux de chantier

Les différents types d'eaux attendues sur le chantier sont cochés dans le tableau suivant :

Types d'eaux de chantier attendus	
Eaux de lavage	☒
Eaux de fouille et eaux de lessivage	☒
Eaux de forage et de fraisage (eaux de refroidissement)	☒
Eaux souterraines issues de l'épuisement des eaux	☐
Eaux non polluées	☒
Eaux usées domestiques (par ex. WC, lavabo, douche)	☒

Types d'eaux de chantier attendus	
Déversement de liquides dangereux en cas d'accident	☒

Figure 12 : types d'eaux de chantier attendus

3.4.2 Limitations dans le choix des modes d'évacuation (tab. 3 SIA 431 :2022)

Les critères suivants indiquent ce dont il faut tenir compte lors du choix du mode d'évacuation.

Critères limitant le choix du mode d'évacuation		
Infiltration	Zone de protection des eaux, périmètres de protection des eaux	0
	Distance du sol au niveau maximum de la nappe phréatique < 1 m	0
Eaux superficielles resp. eaux claires	Eaux superficielles à faible pollution anthropique*	(0)
	Eaux superficielles avec Q_{MH} < 75 l/s	(0)
Station d'épuration des eaux (STEP) resp. eaux usées	STEP < 3000 EH (correspond à un débit d'entrée d'environ 8 l/s)	(0)
	STEP avec taux de dilution < 10 dans le milieu récepteur	(0)

0 Pas autorisé
(0) Admis exceptionnellement moyennant une autorisation spéciale
* Niveau correspondant à bon ou très bon selon le système modulaire gradué (selon OFEV) ou ordre du cours d'eau < 3, voir SIA 4014

Figure 13 : critères limitant le choix du mode d'évacuation des eaux (les cases rosées sont concernées par le projet) – source : norme SIA 431 :2022

3.4.3 Mode d'évacuation et mesures pour le traitement des eaux de chantier (tab. 2 SIA 431 :2022)

Le mode d'évacuation des eaux adopté sur un chantier de construction dépend de la charge polluante et des conditions locales (par ex. débit des eaux superficielles ou capacité de la STEP). Le tableau ci-dessous présente les différentes possibilités d'évacuation et les mesures de traitement et de surveillance nécessaires. Il contient un ordre de priorité général entre le recyclage, l'infiltration et l'évacuation vers les eaux superficielles et la STEP dépendant de la charge polluante des eaux.

Mode d'évacuation et mesures pour le traitement des eaux de chantier				
Type d'eaux de chantier	**Recycl.**	**Mode d'évacuation**		**Remarques**
		Inf et ESup*	**STEP**	
Eaux de lavage				
- Outils, coffrages, etc.	x	(0)(1+2)	x(1+2)	
- Centrale à béton, malaxeurs, silos de transbordement, bennes de transfert		(0)(1+2)	(x)(1+2)	Les eaux de lavage doivent être prioritairement recyclées.
- Véhicules et machines		0	x(3)	
Eaux de fouille et eaux de lessivage				
- Claires, alcalines		x(2+4)	(0)(2+4)	Dans le cas des grandes STEP (> 3000 équivalents habitants), le rejet dans la STEP est possible.
- Troubles, neutres		x(1)	(0)(1)	
- Troubles, alcalines		x(1+2+4)	(0)(1+2+4)	
Eaux de forage et de fraisage (eaux de refroidissement)				
- Troubles, neutres	x	(x)(1)	(0)(1)	
- Troubles, alcalines	x	(x)(1+2+4)	(0)(1+2)	
Eaux souterraines issues de l'épuisement des eaux				Si le type d'épuisement des eaux permet d'exclure toute pollution (eaux claires, neutres), une réinfiltration au moyen d'une installation souterraine (par ex. puits d'injection) est admise.
- Claires, neutres		x	(0)	
- Claires, alcalines		x(2+4)	(0)(2+4)	
- Troubles, neutres		x(1)	(0)(1)	
- Troubles, alcalines		x(1+2+4)	(0)(1+2+4)	

Mode d'évacuation et mesures pour le traitement des eaux de chantier				
Eaux non polluées - Eaux d'infiltration et de drainage - Eaux de versant, de source, de massif rocheux		x x	(0) (0)	Les eaux de versant, de source, de massif rocheux doivent impérativement être captées hors de l'emprise du chantier afin d'éviter toute pollution.
Eaux usées domestiques (par ex. WC, lavabo, douche)		0	x	Sur les chantiers sans possibilité de raccordement, les eaux usées doivent être recueillies puis transportées jusqu'à une STEP.

*	Resp. rejet aux eaux superficielles via le réseau réalisé en séparatif
Inf	Infiltration dans la couche de sol biologiquement active (soumis à autorisation)
ESup	Déversement dans les eaux superficielles (soumis à autorisation)
STEP	Déversement en station d'épuration (soumis à autorisation)
x	Solution préférable (les conditions pédologiques et hydrogéologiques doivent être respectées. Les capacités hydrauliques du réseau d'assainissement doivent préalablement être vérifiées)
(x)	Admis seulement si la solution préférable n'est pas réalisable
0	Pas autorisé
(0)	Admis exceptionnellement moyennant une autorisation spéciale
(1)	Traitement dans un ouvrage de décantation nécessaire (avec éventuellement processus de floculation)
(2)	Traitement par neutralisation au dioxyde de carbone nécessaire. En principe, les eaux alcalines de chantier doivent être neutralisées. Sur de petits chantiers situés en dehors des zones de protection des eaux souterraines, ainsi qu'en dehors de zones urbanisées (aucun raccordement au réseau d'eaux usées possible), ces eaux de lavage peuvent être infiltrées superficiellement et sans neutralisation dans une couche de sol biologiquement active pendant une période de trois mois au plus, à condition que leur quantité ne dépasse pas 250 litres par jour (soumis à autorisation).
(3)	Traitement dans un séparateur d'hydrocarbures précédé d'un sac de décantation (éventuellement avec séparateur à coalescence ou séparateur d'émulsion)
(4)	Dispositif de surveillance avec système d'alarme nécessaire

Figure 14 : mode d'évacuation et mesures pour le traitement des eaux de chantier (les cases rosées sont concernées par le projet) – source : norme SIA 431 :2022

3.4.4 Choix du mode d'évacuation des eaux

Toutes les eaux de chantier, hormis les eaux usées domestiques, seront évacuées par le réseau des eaux claires existant et/ou dans les eaux superficielles. Selon les directives du Canton de Vaud (DGE), le débit de rejet ne doit pas excéder 20 l/s/ha.

3.4.5 Débits volumiques

Les débits à traiter en fonction de leur provenance sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Débits volumiques à traiter en fonction du type d'eaux				
Type d'eaux de chantier		**Mode d'évacuation**	**Traitement**	**Débit à traiter**
☒	Eaux de lavage	ESup	Standard	Voir annexe 2
☒	Eaux de fouille et eaux de lessivage	ESup	Standard	Voir annexe 2
☒	Eaux de forage et de fraisage (eaux de refroidissement)	ESup	Standard	Qté minime, sera définie précisément ultér. par l'entrepreneur
☐	Eaux souterraines issues de l'épuisement des eaux			
☒	Eaux non polluées	ESup	Néant	--
☒	Eaux usées domestiques (par ex. WC, lavabo, douche)	Camion	Néant	--

Débits volumiques à traiter en fonction du type d'eaux			
☒ Déversement de liquides dangereux en cas d'accident	Camion	Néant	--

Figure 15 : débits volumiques à traiter en fonction du type d'eaux

3.5 Installations de traitement

3.5.1 Valeurs limites

Les valeurs limites suivantes en fonction du mode d'évacuation, sont à respecter pour le déversement :

Seuils à respecter pour l'évacuation des eaux			
Paramètre	**Inf et ESup**	**STEP**	**Mesures à prendre en cas de dépassement**
Matières en suspension	10 mg/l	-	
Transparence* (eaux troubles)	30 cm selon Snellen	Aucun dépôt dans les canalisations	- Protéger les pompes à immersion pour éviter l'aspiration de boues - Agrandir les bassins de décantation - Utiliser un agent floculant adapté - Mettre en œuvre un ouvrage de filtration (par ex. bassin avec filtre à graviers/sable)
pH (eaux alcalines)	6.5 – 9.0**	6.5 – 9.0	- Augmentation de la capacité de traitement de l'installation de neutralisation - Captage des eaux non polluées à améliorer (réduction des quantités d'eau de chantier à traiter) - Réduire les pics de débit (créer des capacités de rétention supplémentaires, adapter le débit de pompage à la capacité de l'installation de neutralisation)
Hydrocarbures totaux	10 mg/l	20 mg/l	- Utiliser un boudin absorbant oléophile - Installer un dépotoir de boues avec coude plongeur ou un séparateur d'hydrocarbures ou un séparateur à coalescence
Inf	Infiltration dans la couche de sol biologiquement active (soumis à autorisation)		
ESup	Déversement dans les eaux superficielles (soumis à autorisation)		
STEP	Déversement en station d'épuration (soumis à autorisation)		
*	La transparence n'est pas à confondre avec le taux de substances non dissoutes totales (MES). Il figure dans !'Ordonnance sur protection des eaux (OEaux) une valeur limite pour le déversement dans les eaux superficielles de 20 mg/l		
**	Infiltration diffuse et superficielle journalière ≤ 250 litres d'eaux alcalines possible hors surfaces drainées et milieux à protéger (Zones S, périmètre de protection, espace réservé aux eaux, etc.)		

Figure 16 : récapitulatif des seuls à respecter pour l'évacuation des eaux – source : norme SIA 431 :2022

3.5.2 Mesures de surveillance

Les eaux de chantier doivent être systématiquement contrôlées après leur traitement afin de garantir à tout moment le respect des exigences légales et des éventuelles autres exigences des autorités. Les résultats du contrôle ou les valeurs mesurées doivent être consignés par écrit avec indication de l'heure pour chaque rejet. Lors de la spécification de la méthode et de la périodicité des mesures de surveillance, il convient de distinguer le rejet discontinu (par ex. lors du pompage d'un bassin ou de la vidange temporaire d'une fouille) du rejet continu. Si les exigences ne sont pas respectées, le rejet des eaux de chantier doit être arrêté immédiatement. Les événements extraordinaires (par ex. lors de fortes précipitations) doivent également être pris en compte.

Méthodes de surveillance en fonction du type de déversement				
Type de déversement	**Paramètre**	**Méthode**	**Documentation**	**Système d'alarme**
Déversement discontinu	Transparence	Mètre gradué plongé à 30 cm	A chaque déversement, par écrit et avec mention de la date, de l'heure (signature du responsable attendue)	--
	pH	Bandelettes pH (0 à 14)		--

Méthodes de surveillance en fonction du type de déversement				
	Hydrocarbures totaux (carburants, huiles, graisses)	Contrôle visuel		--
Déversement continu	Transparence	Sonde turbidité automatique	Enregistrement en continu	Exigé pour Inf et ESup
	pH	Sonde pH automatique		Exigé pour Inf, ESup et STEP
	Hydrocarbures totaux (carburants, huiles, graisses)	Plusieurs contrôles visuels journaliers	A chaque déversement, par écrit et avec mention de la date, de l'heure (signature du responsable attendue)	--

Figure 17 : vue d'ensemble des méthodes de surveillance – source : norme SIA 431 :2022

3.5.3 Conception des installations et procédés de traitement

Les hypothèses suivantes sont considérées dans le dimensionnement :

- Il est fortement recommandé de construire l'ouvrage de rétention définitif avant d'intervenir sur le drainage, ceci afin de limiter ou ne pas avoir à recourir à une installation de rétention des eaux provisoires. Si un volume de rétention provisoire doit être prévu, celui-ci est dimensionné avec un temps de retour de 6 mois et un débit de rejet de 20 l/s/ha.
- La durée de la location de l'installation de traitement (décantation et neutralisation) dépend du temps nécessaire au rabattement du pH, celui-ci pouvant aller parfois jusqu'à 2 ans. Le débit à traiter, après rétention, est régulé à 20 l/s/ha.

Sur la base des données connues à ce jour, les installations de traitement proposées sont les suivantes :

Caractéristiques des installations de traitement – Sous-projet 1	
BV 1 + BV 2 / Km 21.235 – 21.455	
Type	Rétention (R) + Décantation (D) + Neutralisation (N)
Débit à traiter (débit sortant)	Q_m=185 l/min
Charge superficielle	a_{min}=30 l/min/m² (ESup)
Surface utile de décantation	$A_D=Q_m/a_{min}$=6.2 m²
Volume de rétention	V_R=6 m³
Déversement	Automatique
Type de déversement	Discontinu (pompe)
Sondes	pH
Traitement pH	Automatique
Système d'alarme	Oui
Séparateurs d'hydrocarbures	Oui
BV A / Km 21.455 – 21.609	
Type	Rétention (R) + Décantation (D) + Neutralisation (N)
Débit à traiter (débit sortant)	Q_m=72 l/min
Charge superficielle	a_{min}=30 l/min/m² (ESup)
Surface utile de décantation	$A_D=Q_m/a_{min}$=2.4 m²
Volume de rétention	V_R=3 m³
Déversement	Automatique
Type de déversement	Discontinu (pompe)
Sondes	pH
Traitement pH	Automatique
Système d'alarme	Oui
Séparateurs d'hydrocarbures	Oui

Caractéristiques des installations de traitement – Sous-projet 1	
BV B + BV 3 / Km 21.609 – 21.844	
Type	Rétention (R) + Décantation (D) + Neutralisation (N)
Débit à traiter (débit sortant)	Q_m=276 l/min
Charge superficielle	a_{min}=30 l/min/m² (ESup)
Surface utile de décantation	$A_D=Q_m/a_{min}$=9.2 m^2
Volume de rétention	V_R=5 m^3
Déversement	Automatique
Type de déversement	Discontinu (pompe)
Sondes	pH
Traitement pH	Automatique
Système d'alarme	Oui
Séparateurs d'hydrocarbures	Oui
BV 4 + BV 5 / Km 21.844 – 22.143	
Type	Rétention (R) + Décantation (D) + Neutralisation (N)
Débit à traiter (débit sortant)	Q_m=324 l/min
Charge superficielle	a_{min}=30 l/min/m² (ESup)
Surface utile de décantation	$A_D=Q_m/a_{min}$=10.8 m^2
Volume de rétention	V_R=6 m^3
Déversement	Automatique
Type de déversement	Discontinu (pompe)
Sondes	pH
Traitement pH	Automatique
Système d'alarme	Oui
Séparateurs d'hydrocarbures	Oui
BV 6 + BV 7 / Km 22.143 – 22.341	
Type	Rétention (R) + Décantation (D) + Neutralisation (N)
Débit à traiter (débit sortant)	Q_m=180 l/min
Charge superficielle	a_{min}=30 l/min/m² (ESup)
Surface utile de décantation	$A_D=Q_m/a_{min}$=6.0 m^2
Volume de rétention	V_R=4 m^3
Déversement	Automatique
Type de déversement	Discontinu (pompe)
Sondes	pH
Traitement pH	Automatique
Système d'alarme	Oui
Séparateurs d'hydrocarbures	Oui

Figure 18 : caractéristiques des installations de traitement travaux sous projet 1

Caractéristiques des installations de traitement – Sous-projet 2	
BV 8 / Km 22.409 – 22.930	
Type	Rétention (R) + Décantation (D) + Neutralisation (N)
Débit à traiter (débit sortant)	Q_m=420 l/min
Charge superficielle	a_{min}=30 l/min/m² (ESup)
Surface utile de décantation	$A_D=Q_m/a_{min}$=14.0 m^2
Volume de rétention	V_R=11 m^3
Déversement	Automatique
Type de déversement	Discontinu (pompe)
Sondes	pH
Traitement pH	Automatique
Système d'alarme	Oui
Séparateurs d'hydrocarbures	Oui
BV 9 / Km 23.920 – 24.187	
Type	Rétention (R) + Décantation (D) + Neutralisation (N)
Débit à traiter (débit sortant)	Q_m=240 l/min
Charge superficielle	a_{min}=30 l/min/m² (ESup)
Surface utile de décantation	$A_D=Q_m/a_{min}$=8.0 m^2
Volume de rétention	V_R=6 m^3
Déversement	Automatique
Type de déversement	Discontinu (pompe)
Sondes	pH
Traitement pH	Automatique
Système d'alarme	Oui
Séparateurs d'hydrocarbures	Oui

Figure 19 : caractéristiques des installations de traitement travaux sous projet 2

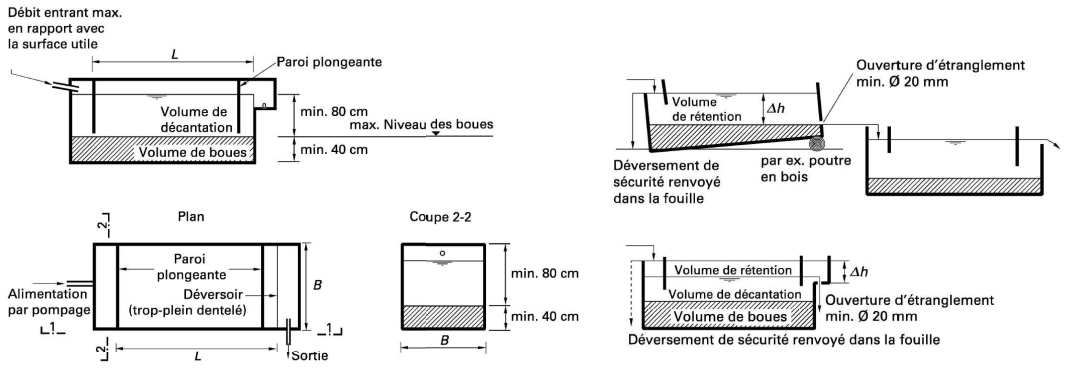


Figure 20 : illustration d'un bassin de décantation seul à gauche, avec régulation en amont ou combinée à droite – source : norme SIA 431 :2022

3.5.4 Schéma de gestion des eaux de chantier

Les schémas fournis en annexe illustrent les localisations des installations de traitement des eaux de chantier.

4 Synthèse

La planification de l'évacuation des eaux en phase de réalisation est soumise à la norme SIA 431 intitulée « Evacuation et traitement des eaux de chantier ».

Selon les recommandations de cette dernière et en fonction des conditions locales rencontrées, il apparaît comme opportun de prévoir des installations de traitement avant le rejet aux eaux superficielles ou aux canalisations d'eaux claires, consistant en un bassin de rétention/décantation et de neutralisation. Pour les installations de traitement avec rejet dans les eaux claires, il est à noter que le débit rejeté ne devra pas excéder 20 l/s/ha, selon les directives du canton de Vaud (DGE).

Enfin, le risque de pollution des eaux est jugé maîtrisé si les dispositions préalablement décrites sont respectées lors de la phase d'exécution, d'entente avec le responsable du suivi environnemental des travaux.

sd ingénierie lausanne sa, le 3 juillet 2025

5 Signature

Auteur du projet

sd ingénierie lausanne sa

François Yerly

Rue des Terreaux 17

1003 Lausanne



Lausanne, le 3 juillet 2025

Annexe 1

Schéma de gestion des eaux de chantier

sd ingénierie lausanne sa (2025)

Schéma de gestion des eaux de chantier

- R Rétention
- D/n Décantation et neutralisation

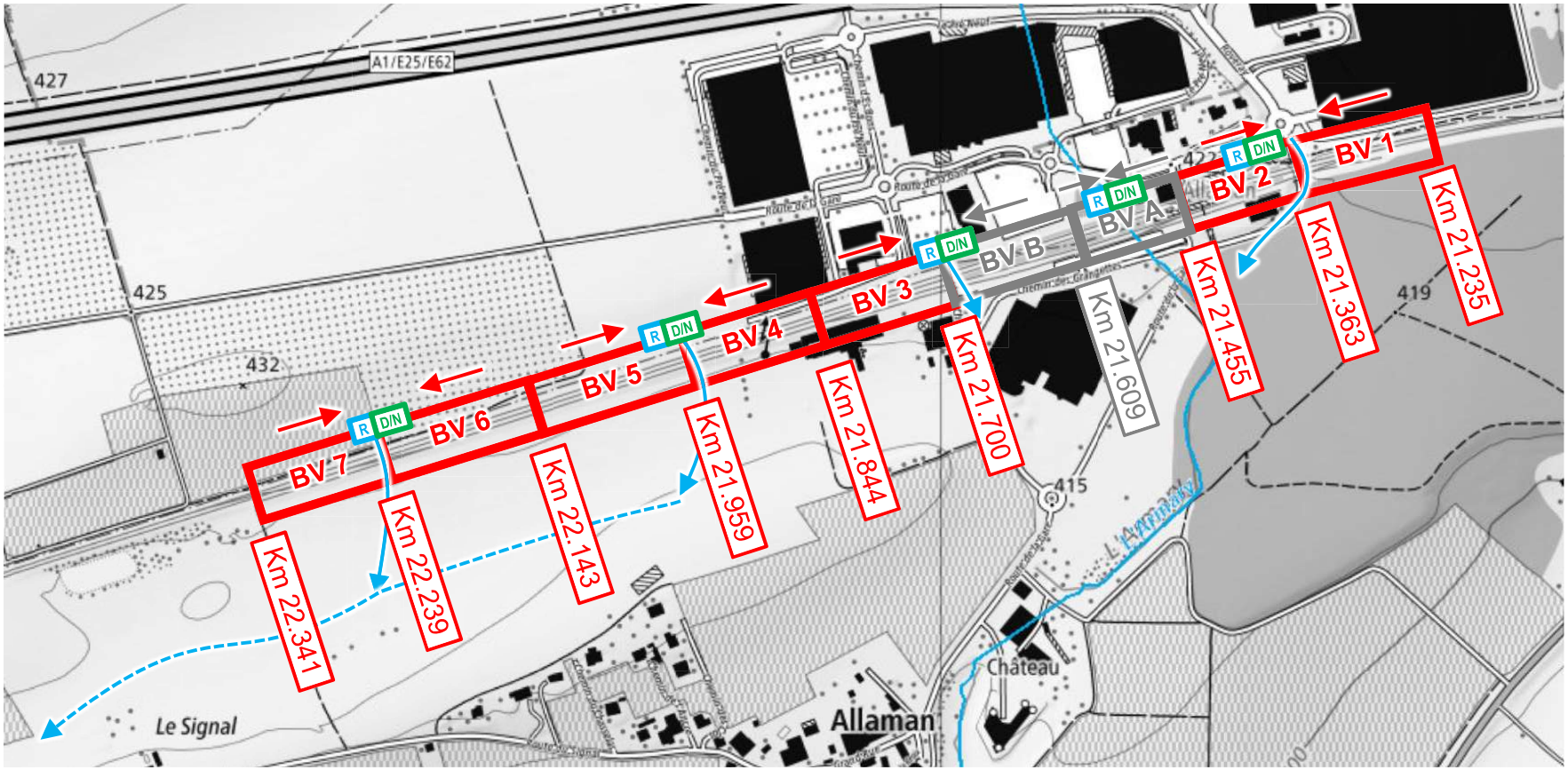


Figure A 1 : schéma de gestion des eaux de chantier sous-projet 1 – source : dessin d'auteur

- R Rétention
- D/N Décantation et neutralisation

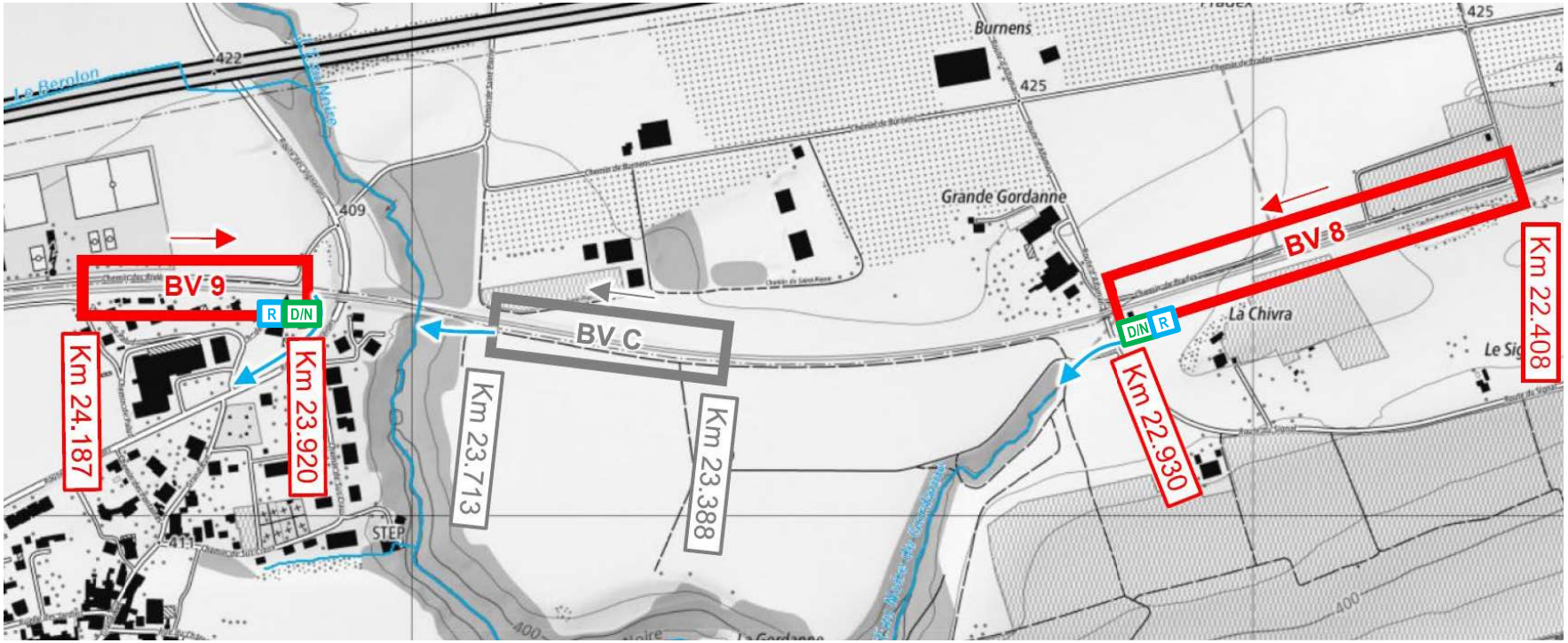


Figure A 2 : schéma de gestion des eaux de chantier sous-projet 2 – source : dessin d'auteur

Annexe 2

Dimensionnement des débits à traiter

sd ingénierie lausanne sa (2025)

Dimensionnement des volumes de rétention et des débits de rejet à traiter

Le tableau suivant présente le calcul permettant de déterminer le volume de rétention nécessaire en fonction du débit de rejet à traiter.

Tronçon ou bassin versant considéré					Volume de rétention selon VSS 40 350												
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Facteur a_T**	**Facteur b_T**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée Q_e**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet Q_s**	**Volume de rétention $V_{rét}$**	**Facteur de sécurité f_s**	**Volume majoré $V_{rét} + f_s$**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_r]	[-]	[ans]	[min]	[-]	[-]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[m^3]	[%]	[m^3]
Bassin versant n°1+2																	
BV1+2 - Plateforme	0.130	0.60	0.078	Plateau													
BV1+2 - Talus	0.056	0.20	0.011	Plateau													
BV1+2 - TOTAL	0.186	0.48	0.089	Plateau	0.5	15.0	17.010	0.200	105.0	50.4	9.4	41.6	20.0	3.7	5.1	15%	5.8
Bassin versant n°A																	
BVA - Plateforme	0.062	0.60	0.037	Plateau													
BVA - Talus	0.000	0.20	0.000	Plateau													
BVA - TOTAL	0.062	0.60	0.037	Plateau	0.5	20.0	17.010	0.200	88.6	53.2	3.3	33.3	20.0	1.2	2.5	15%	2.8
Bassin versant n°B+3																	
BVB+3 - Plateforme	0.102	0.60	0.061	Plateau													
BVB+3 - Talus	0.126	0.20	0.025	Plateau													
BVB+3 - TOTAL	0.228	0.38	0.087	Plateau	0.5	15.0	17.010	0.200	105.0	39.8	9.1	52.7	20.0	4.6	4.1	15%	4.7
Bassin versant n°4+5																	
BV4+5 - Plateforme	0.131	0.60	0.079	Plateau													
BV4+5 - Talus	0.138	0.20	0.028	Plateau													
BV4+5 - TOTAL	0.269	0.40	0.106	Plateau	0.5	15.0	17.010	0.200	105.0	41.5	11.1	50.6	20.0	5.4	5.2	15%	6.0
Bassin versant n°6+7																	
BV6+7 - Plateforme	0.088	0.60	0.053	Plateau													
BV6+7 - Talus	0.065	0.20	0.013	Plateau													
BV6+7 - TOTAL	0.152	0.43	0.065	Plateau	0.5	15.0	17.010	0.200	105.0	45.2	6.9	46.5	20.0	3.0	3.4	15%	4.0
Bassin versant n°8																	

Tronçon ou bassin versant considéré					Volume de rétention selon VSS 40 350												
Zone de récolte	**Surface du bassin versant A**	**Coefficient de ruissel. Ψ**	**Surface réduite de projet A_{red}**	**Région considérée**	**Temps de retour T**	**Durée de pluie t**	**Facteur a_T**	**Facteur b_T**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée spécifique q_e**	**Débit d'entrée Q_e**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet spécifique q_s**	**Débit de rejet Q_s**	**Volume de rétention $V_{rét}$**	**Facteur de sécurité f_s**	**Volume majoré $V_{rét} + f_s$**
[N°]	[ha]	[-]	[ha_r]	[-]	[ans]	[min]	[-]	[-]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[l/s/ha_r]	[l/s/ha]	[l/s]	[m^3]	[%]	[m^3]
BV8 - Plateforme	0.238	0.60	0.143	Plateau													
BV8 - Talus	0.110	0.20	0.022	Plateau													
BV8 - TOTAL	0.348	0.47	0.165	Plateau	0.5	15.0	17.010	0.200	105.0	49.7	17.3	42.2	20.0	7.0	9.3	15%	10.7
Bassin versant n°9																	
BV9 - Plateforme	0.120	0.60	0.072	Plateau													
BV9 - Talus	0.079	0.20	0.016	Plateau													
BV9 - TOTAL	0.199	0.44	0.088	Plateau	0.5	15.0	17.010	0.200	105.0	46.3	9.2	45.3	20.0	4.0	4.7	15%	5.4

Figure A 3 : tableau de dimensionnement des volumes de rétention

Ligne: 150
Désignation: Lausanne - Genève - Aéroport
km: 00,000 - 66,600

12.992.01

Cantons: Vaud
Communes: Allaman, Féchy, Perroy

Projet: FbE27 Allaman / FbE28 Allaman-Perroy
Renouvellement de la voie 1 et voie 315

N° INP: 1163975 / 1158099

Phase: Procédure d'approbation des plans

Signatures:

Représentants autorisés de l'entreprise CFF	Auteur du projet
Service: Infrastructure Suisse Ouest	Entreprise: sd ingénierie lausanne sa
Fonction: Chef de projet général	Fonction: Chef de projet
Nom: Stéphane Kowalski	Nom: François Vuilleumier
Signature:	Signature:

SBB CFF FFS

Ouvrages de rétention
Plan d'objet
Coupes et détails

Type n°: 5022_12.992.01

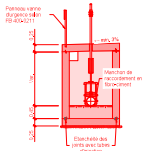
Ligne: 150 km: 21.240 - 24.255

Format: 1050 x 594

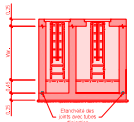
CFF, Infrastructure - Projets d'aménagement et Renouvellement - Engineering - Voie Ferrée
Rue du 8e Gare de Triage 7
CH 1920 Martigny

Légende :
- Elément coupé
- Elément en vue
- Limite de propriété CFF
- Clôture supprimé

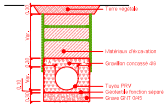
Elévation type M1
Echelle 1:50



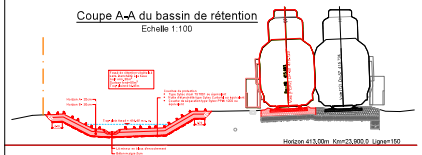
Elévation type M2
Echelle 1:50



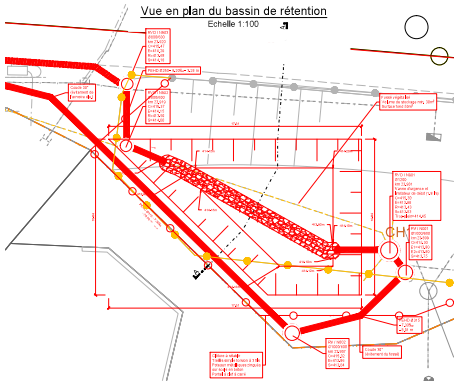
Coupe de principe tuyau PRV hors zone d'influence des charges ferroviaires
Echelle 1:50



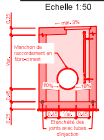
Coupe A-A du bassin de rétention
Echelle 1:100



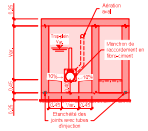
Vue en plan du bassin de rétention
Echelle 1:100



Elévation type M4
Echelle 1:50



Elévation type M3
Echelle 1:50



Coupe de principe tuyau PRV dans la zone d'influence des charges ferroviaires
Echelle 1:50

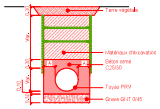
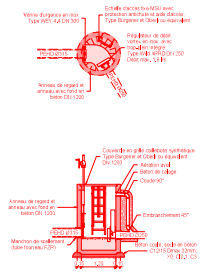
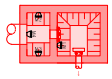


Tableau valeur A	
Diamètre nominal (DN)	A (mm)
DN 1200	2000
DN 1200 + Elé ≤ 3000	2000
DN 1200 + Elé > 3000	2500
DN 1600 + Elé ≤ 3000	2400
DN 1600 + Elé > 3000	2900

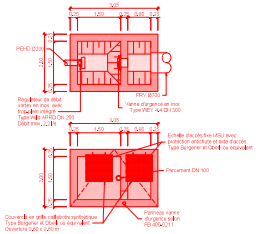
Vue en plan et coupe chambre RVD / N901
Echelle 1:50



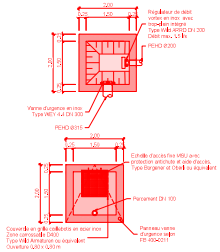
Vue en plan type
Echelle 1:50



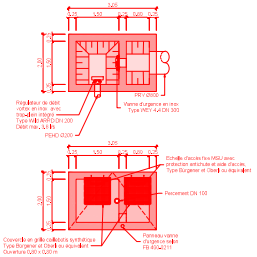
Vue en plan chambre RVD / N104
Echelle 1:50



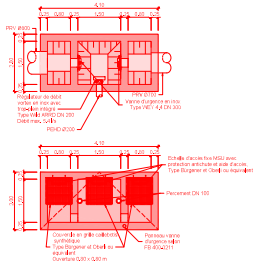
Vue en plan chambre RVD / N204
Echelle 1:50



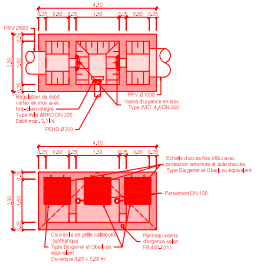
Vue en plan chambre RVD / N302
Echelle 1:50



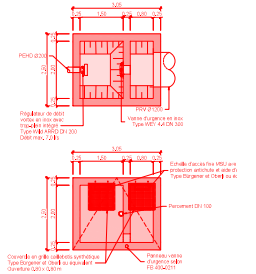
Vue en plan chambre RVD / N502
Echelle 1:50



Vue en plan chambre RVD / N702
Echelle 1:50



Vue en plan chambre RVD / N814
Echelle 1:50



SBB CFF FFS

12.992.09-1

Date : 11.06.2025
Index : a

Ligne/Gare/Installation :	**150 Lausanne – Genève-Aéroport**
Canton :	**Vaud**
Communes :	**Allaman, Féchy, Perroy**
Objet :	**FbE27 Allaman / FbE28 Allaman – Perroy Renouvellement de la voie 1 / voie 315**

N° ISP : 1163975 / 1158099

Procédure d'approbation des plans

Ouvrages de rétention. Evaluation / Contrôle technique interne (ex. SIOP A) FbE27_ALL_V1

Signatures des personnes responsables :

A1. ☒ Signatures originales dans le document

B. ☐ Signatures ci-dessous

Ci-dessous :

A2. ☒ Signatures des personnes pro forma

Carlos Gonçalves

10 juil. 2025

Signature électronique qualifiée · Droit suisse

Carlos Gonçalves
Chef du service
I-AEP-ENG-FB-RWT

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025

SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Stéphane Koessler
Chef de projet
I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

Tabelle SIOP A - Durchgeführte Sicherheitsprüfungen

	Anlage[1]	SV-bericht	Subprozess-verantw.	SIOP A	CL Nr.	Datum	Vorname / Name	Unterschrift
☐	**Fahrbahn**							
☐	Gleis- und Weichengeometrie		I-NAT-BT-FB-TRP	I-NAT-BT-FB-TRP	A101			
☐	Weichenheizungen		I-NAT-BST	I-NAT-BST	A102			
☐	Oberbausystem/-material und Gleisabschlüsse		I-NAT-BT-FB-OBA	I-NAT-BT-FB-OBA	A103			
☐	Unterbau		I-NAT-BT-FB-UB	I-NAT-BT-FB-UB	A104			
☒	**Kunstbauten (Ingenieurbau)** Link Plattform							
☐	Erd- und Stützbauwerke	☐[2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A202			
☐	Tunnel und Galerien	☐[2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A203			
☐	Brücken (ohne PU/Pa im Bhfs-Bereich)	☐[2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A204			
☐	Schutzbauten (Naturgefahren)	☐[2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A205			
☐	Lärmschutzwände	☐[2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A206			
☐	Wasserversorgung	☐[2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A208			
☒	Abwasserentsorgung	☐[2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A 209	11.06.2025	Luc Suter	
☐	**Bahnzugang** (xiat001@sbb.ch & Link Plattform Kunstbauten)							
☐	Perron- und Publikumsanlagen	☐[2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A301			
☐	Gleis- und Perronübderdachung	☐[2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A302			
☐	Brücken (als PU/Pa im Bhfs-Bereich)	☐[2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A304			
		☐[2]		I-NAT-BT-IB	A304			
☐	**Sicherungsanlagen**							
☐	Prozessablauf		I-NAT-BST	I-NAT-BST	A400			
☐	**Zugbeeinflussung**							
☐	Aussensignalisierung		I-NAT-BST	I-NAT-BST				
☐	Führerstandsignalisierung		I-NAT-BST	I-NAT-BST				
☐	**Lichtraumprofil**							
☐	Gemäss Checkliste		I-NAT-BT-TNZ		[3]			

[1] Die Bezeichnungen auf Stufe Anlageart werden bei der Anpassung der Prüfunterlagen und Checklisten vorgenommen

[2] Falls Sachverständigenbericht erstellt wurde → ankreuzen

[3] Verweis auf entsprechend zu prüfende Checklisten

Projekt: L150 / km 21.240 - 24.249: FbE27 Allaman

ISP-Nr. 1163975

Auflagen SIOP A 209
DfA Linie 150, km 21.240 - 24.249
FbE27 Allaman Voie 1, ISP-Nr. 1163975

Autor(en)	Luc Suter
Ort, Datum, Zeit	Arth-Goldau, 11.06.2025
Kopie an	marcel.boillat@sbb.ch
Anlagen	

Auflagen / Charges

Gepfrüfte Dokumente :

Plan de situation	04.01.01	22.01.2025	Plan-Nr. 5022_04.01.01
Concept d'évacuation des eaux	12.991.01	26.11.2024	-
Ouvrages de rétention	12.992.01	20.01.2025	Plan-Nr. 5022_12.992.01

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
1	Generell	Ausser der Auflage E12 sind die Auflagen des Kompetenzträgers AEP umzusetzen. Es handelt sich nicht um ein Havarie- sondern Rückhaltebecken infolge der Einleitbeschränkung. Falls es tatsächlich ein Havariebecken ist, muss es aus Beton erstellt werden. Der Nachweis gemäss StFV ist zu erbringen (siehe auch Auflage Nr. 5). Die überarbeiteten Dokumente müssen bei NAT-BT zur Prüfung eingereicht werden. *Outre la condition E12, les conditions du détenteur de compétences AEP doivent être mises en œuvre. Il ne s'agit pas d'un bassin d'avarie, mais d'un bassin de rétention en raison de la limitation de déversement.* *S'il s'agit effectivement d'un bassin pour avaries, il doit être réalisé en béton. La preuve OPAM doit être apportée (voir aussi la charge n° 5). Les documents remaniés doivent être soumis à NAT-BT pour examen.*		x

SBB AG
Ingenieurbau
Hilfikerstrasse 3 · 3000 Bern · Schweiz
Mobil +41 (0)79 545 29 19
lukas.suter@sbb.ch · www.cff.ch

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
2	04.01.01	Die verwendeten Schachtbezeichnungen sind nicht zulässig. Es sind folgende Schachtbezeichnungen zu verwenden: *Les désignations de chambres utilisées ne sont pas autorisées. Les désignations de chambres suivantes doivent être utilisées:* 538 bis 611		x
3	04.01.01	Die bestehenden Entwässerungsleitungen sind darzustellen. Sie sind fachgerecht rückzubauen (verfüllen). *Les canalisations d'évacuation des eaux existantes doivent être représentées. Elles doivent être démantelées de manière appropriée (remplissage).*		x
4	12.991.01 / Kap. 5.2.3	Die Einleitmenge des Kantons beträgt 20 l/(s*ha). Bei den Berechnungen wird jedoch 20 l/(s*ha_{red}) verwendet. Es ist der korrekte Wert zu verwenden und die Anforderung (Auszug GEP, Verordnung usw.) im Bericht einzufügen. *Le déversement du canton est de 20 l/(s*ha). Toutefois, dans les calculs, on utilise 20 l/(s*hared). Il faut utiliser la valeur correcte et insérer l'exigence (extrait du PGEE, ordonnance, etc.) dans le rapport.*		x
5	12.991.01 / Kap. 5.2.3	Es ist der Nachweis gemäss StFV zu erbringen, dass Massnahmen (z.B. Notfallschieber) zum Schutz der Umwelt notwendig bzw. Kosten-Nutzen wirksam sind. *Il y a lieu d'apporter la preuve, conformément à l'OPAM, que des mesures (p. ex. vannes d'urgence) sont nécessaires pour protéger l'environnement et qu'elles sont efficaces par rapport au rapport coût-utilité.*		x
6	12.991.01 / Annexe 1	Widerspruch in den Berechnungen zum notwendigen Retentionsvolumen. Beispiel BV1: 15.5m3 vs. 12m3. Ist zu bereinigen oder präzise zu erklären. *Calculs contradictoires par rapport au volume de rétention nécessaire. Exemple BV1: 15,5 m3 vs 12 m3. À corriger ou à préciser.*		x
7	12.991.01 / Annexe 1	Widerspruch zwischen Tabelle und Plan. Beispiel BV1: Durchmesser 800mm vs. 700mm. Ist zu bereinigen. *Contradiction entre le tableau et le plan. Exemple BV1: Diamètre 800 mm ou 700 mm. À corriger.*		x

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
8	12.992.01 / N701	Das Abwasser ist nach den Schiebern mittels Sammelrinnen zu fassen. Das Bankett ist entsprechend zu gestalten. Es sind Leitern für den Einstieg zu projektieren. Sofern keine Notfallschieber notwendig sind (Siehe Auflage 5). Sind konventionelle Schachtabdeckungen anstelle der Gitterroste zu verwenden. *Les eaux usées doivent être captées au moyen de caniveaux collecteurs après les tiroirs. La banquette doit être conçue en conséquence. Des échelles d'accès doivent être planifiées.* *Dans la mesure où des vannes d'urgence ne sont pas nécessaires (cf. exigence 5). Il convient d'utiliser des couvercles de chambre conventionnels à la place des caillebotis.*		x
9	12.992.01 / N501	Siehe Auflage 8		x
10	12.992.01 / N302	Siehe Auflage 8		x
11	12.992.01 / N204	Siehe Auflage 8		x
12	12.992.01 / N104	Siehe Auflage 8		x

SBB CFF FFS

12.992.09-2

Date : 13.06.2025
Index : a

Ligne/Gare/Installation :	**150 Lausanne – Genève-Aéroport**
Canton :	**Vaud**
Communes :	**Allaman, Féchy, Perroy**
Objet :	**FbE27 Allaman / FbE28 Allaman – Perroy** **Renouvellement de la voie 1 / voie 315**

N° ISP : 1163975 / 1158099

Procédure d'approbation des plans

Ouvrages de rétention. Evaluation / Contrôle technique interne (ex. SIOP A) FbE28_ALL-PER_V315

Signatures des personnes responsables :

A1. ☒ Signatures originales dans le document **B.** ☐ Signatures ci-dessous

Ci-dessous :

A2. ☒ Signatures des personnes pro forma

Carlos Gonçalves
10 juil. 2025
Signature électronique qualifiée · Droit suisse

Carlos Gonçalves
Chef du service
I-AEP-ENG-FB-RWT

Chef de projet
Renens, 10 juil. 2025
SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse
Signé sur Skribble.com

Stéphane Koessler
Chef de projet
I-AEP-ENG-FB-RWT-PL1

Tabelle SIOP A - Durchgeführte Sicherheitsprüfungen

	Anlage[1]	SV-bericht	Subprozess-verantw.	SIOP A	CL Nr.	Datum	Vorname / Name	Unterschrift
☐	**Fahrbahn**							
☐	Gleis- und Weichengeometrie		I-NAT-BT-FB-TRP	I-NAT-BT-FB-TRP	A101			
☐	Weichenheizungen		I-NAT-BST	I-NAT-BST	A102			
☐	Oberbausystem/-material und Gleisabschlüsse		I-NAT-BT-FB-OBA	I-NAT-BT-FB-OBA	A103			
☐	Unterbau		I-NAT-BT-FB-UB	I-NAT-BT-FB-UB	A104			
☒	**Kunstbauten (Ingenieurbau)** Link Plattform							
☐	Erd- und Stützbauwerke	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A202			
☐	Tunnel und Galerien	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A203			
☐	Brücken (ohne PU/Pa im Bhfs-Bereich)	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A204			
☐	Schutzbauten (Naturgefahren)	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A205			
☐	Lärmschutzwände	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A206			
☐	Wasserversorgung	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A208			
☒	Abwasserentsorgung	☐ [2]	I-NAT-BT-IB	I-NAT-BT-IB	A 209	13.06.2025	Luc Suter	
☐	**Bahnzugang** (xiat001@sbb.ch & Link Plattform Kunstbauten)							
☐	Perron- und Publikumsanlagen	☐ [2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A301			
☐	Gleis- und Perronübderdachung	☐ [2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A302			
☐	Brücken (als PU/Pa im Bhfs-Bereich)	☐ [2]	I-NAT-BT-BZU	I-NAT-BT-BZU	A304			
		☐ [2]		I-NAT-BT-IB	A304			
☐	**Sicherungsanlagen**							
☐	Prozessablauf		I-NAT-BST	I-NAT-BST	A400			
☐	**Zugbeeinflussung**							
☐	Aussensignalisierung		I-NAT-BST	I-NAT-BST				
☐	Führerstandsignalisierung		I-NAT-BST	I-NAT-BST				
☐	**Lichtraumprofil**							
☐	Gemäss Checkliste		I-NAT-BT-TNZ		[3]			

[1] Die Bezeichnungen auf Stufe Anlageart werden bei der Anpassung der Prüfunterlagen und Checklisten vorgenommen

[2] Falls Sachverständigenbericht erstellt wurde → ankreuzen

[3] Verweis auf entsprechend zu prüfende Checklisten

Projekt: L150 / km 22.409 - 24.255: FbE27 Allaman Voie 315

ISP-Nr. 1158099

Auflagen SIOP A 209
DfA Linie 150, km 22.409 – 24.255
FbE27 Allaman Voie 315, ISP-Nr. 1158099

Autor(en)	Luc Suter
Ort, Datum, Zeit	Bern, 13.06.2025
Kopie an	marcel.boillat@sbb.ch
Anlagen	

Auflagen / Charges

Gepfrüfte Dokumente :

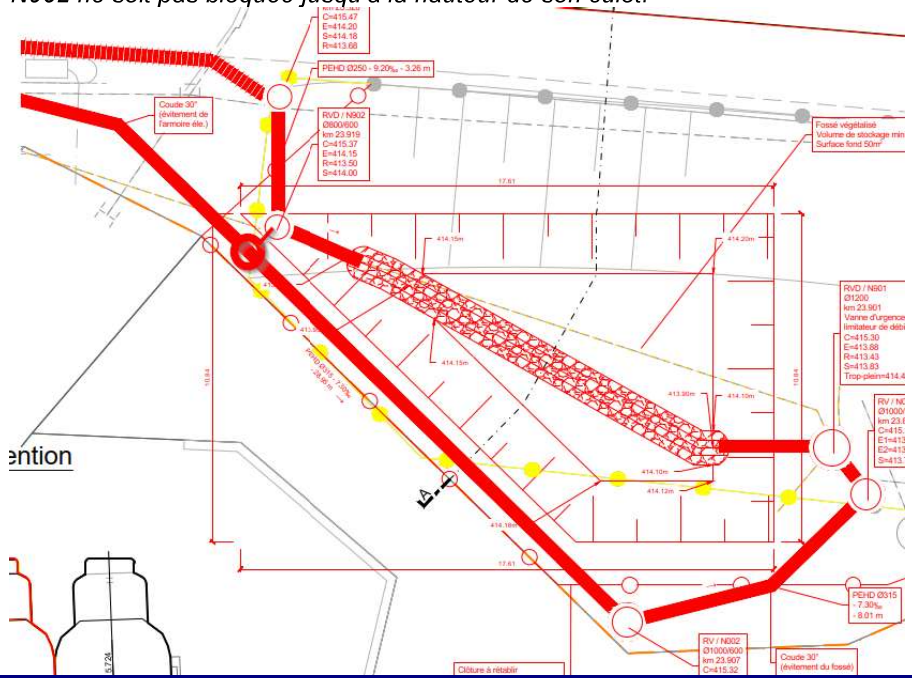
Plan de situation km 22.409 – 23.400	04.02.01	20.01.2025	Plan-Nr. 5022_04.02.01
Plan de situation km 23.400 – 24.255	04.02.02	20.01.2025	Plan-Nr. 5022_04.02.02
Concept d'évacuation des eaux	12.991.01	26.11.2024	-
Ouvrages de rétention	12.992.01	20.01.2025	Plan-Nr. 5022_12.992.01

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
1	Generell	Ausser der Auflage E12 sind die Auflagen des Kompetenzträgers AEP umzusetzen. Es handelt sich nicht um ein Havarie- sondern Rückhaltebecken infolge der Einleitbeschränkung. Falls es tatsächlich ein Havariebecken ist, muss es aus Beton erstellt werden. Der Nachweis gemäss StFV ist zu erbringen (siehe auch Auflage Nr. 7). Die überarbeiteten Dokumente müssen bei NAT-BT zur Prüfung eingereicht werden. *Outre la condition E12, les conditions du détenteur de compétences AEP doivent être mises en œuvre. Il ne s'agit pas d'un bassin d'avarie, mais d'un bassin de rétention en raison de la limitation de déversement.* *S'il s'agit effectivement d'un bassin pour avaries, il doit être réalisé en béton. La preuve OPAM doit être apportée (voir aussi la charge n° 7). Les documents remaniés doivent être soumis à NAT-BT pour examen.*		x

SBB AG
Ingenieurbau
Hilfikerstrasse 3 · 3000 Bern · Schweiz
Mobil +41 (0)79 545 29 19
lukas.suter@sbb.ch · www.cff.ch

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
2	04.02.01 + 04.02.02	Die verwendeten Schachtbezeichnungen sind nicht zulässig. Es sind folgende Schachtbezeichnungen zu verwenden: *Les désignations de chambres utilisées ne sont pas autorisées. Les désignations de chambres suivantes doivent être utilisées:* 620 bis 720		x
3	04.02.01 + 04.02.02	Die bestehenden Entwässerungsleitungen sind darzustellen. Sie sind fachgerecht rückzubauen (verfüllen). *Les canalisations d'évacuation des eaux existantes doivent être représentées. Elles doivent être démantelées de manière appropriée (remplissage).*		x
4	04.02.01	Auf den Schacht RV N812 ist zu verzichten. *On renoncera à la chambre RV N812.*		x
5	04.02.02	Die Lage der bestehenden Zulaufkanäle zum RV 900 (km 23.9) sind zu ermitteln und im Plan darzustellen. *L'emplacement des canaux d'accès existants au RV 900 (km 23.9) doit être déterminé et représenté sur le plan.*		x
6	12.991.01 / Kap. 5.2.3	Die Einleitmenge des Kantons beträgt 20 l/(s*ha). Bei den Berechnungen wird jedoch 20 l/(s*ha_{red}) verwendet. Es ist der korrekte Wert zu verwenden und die Anforderung (Auszug GEP, Verordnung usw.) im Bericht einzufügen. *Le déversement du canton est de 20 l/(s*ha). Toutefois, dans les calculs, on utilise 20 l/(s*hared). Il faut utiliser la valeur correcte et insérer l'exigence (extrait du PGEE, ordonnance, etc.) dans le rapport.*		x
7	12.991.01 / Kap. 5.2.3	Es ist der Nachweis gemäss StFV zu erbringen, dass Massnahmen (z.B. Notfallschieber) zum Schutz der Umwelt notwendig bzw. Kosten-Nutzen wirksam sind. *Il y a lieu d'apporter la preuve, conformément à l'OPAM, que des mesures (p. ex. vannes d'urgence) sont nécessaires pour protéger l'environnement et qu'elles sont efficaces par rapport au rapport coût-utilité.*		x
8	12.991.01 / Annexe 1	Widerspruch in den Berechnungen zum notwendigen Retentionsvolumen. BV9: 29.7m3 vs. 25m3. Ist zu bereinigen oder präzise zu erklären. *Calculs contradictoires par rapport au volume de rétention nécessaire. BV9: 29.7 m3 vs 25 m3. À corriger ou à préciser.*		x

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
9	12.992.01 / N814	Das Abwasser ist nach den Schiebern mittels Sammelrinnen zu fassen. Das Bankett ist entsprechend zu gestalten. Es sind Leitern für den Einstieg zu projektieren. Sofern keine Notfallschieber notwendig sind (Siehe Auflage 7). Sind konventionelle Schachtabdeckungen anstelle der Gitterroste zu verwenden. *Les eaux usées doivent être captées au moyen de caniveaux collecteurs après les tiroirs. La banquette doit être conçue en conséquence. Des échelles d'accès doivent être planifiées.* *Dans la mesure où des vannes d'urgence ne sont pas nécessaires (cf. exigence 7). Il convient d'utiliser des couvercles de chambre conventionnels à la place des caillebotis.*		x
10	12.992.01 / N901	Auf die Belüftungsleitung ist zu verzichten. Ausser es kann der Nachweis erbracht werden, dass dieser in einer nationalen Norm gefordert wird. *Il convient de renoncer à la conduite d'aération, à moins qu'il ne puisse être prouvé qu'une norme nationale l'exige.*		x

Nr.	Kapitel Nr./Plan Nr.	Beschreibung	PGV	Ausf.
11	12.992.01 / bassin	Es ist als Option zu prüfen, ob der projektierte Kanal neben dem Rückhaltebecken als Bypass genutzt werden kann. Dazu müsste z.B. im Schacht N902 ein Schieber eingebaut werden. Der projektierte Schacht (roter Kreis) darf auch etwas höher sein, sofern die Zulaufleitung zum RVD N902 nicht bis Scheitelhöhe eingestaut wird. *Il convient de vérifier en option si le canal projeté à côté du bassin de rétention peut être utilisé comme bypass. Pour ce faire, il faudrait p. ex. installer une vanne dans la chambre N902. La chambre projetée (cercle rouge) peut également être légèrement plus haute à condition que la ligne d'amenée vers le RVD N902 ne soit pas bloquée jusqu'à la hauteur de son culot.*  		x
12	12.992.01 / bassin	Es muss der Nachweis erbracht werden, dass die bestehende Ablaufleitung ab RV N001 die anfallende Abwassermenge ableiten kann. *La preuve doit être apportée que la conduite d'évacuation existante peut évacuer la quantité d'eaux usées à partir de la chambre RV N001.*		x

PrivaSphere™

Quittance de dépôt

Expéditeur:	"Gruppe SBB Infrastruktur, Region Ost" <xpgv001@sbb.ch>
Mode d'expédition:	eGov Recommandé
Objet:	via Formulaire sécurisé de contact - Message: "Approbation des plans pour installations et autorisation d'exploiter"
Heure du dépôt:	2025-07-11 11:43:40 MESZ

Destinataires

BAV bw411

Status

Prêt à être retiré
(autoaccept)

Composantes du message

Nom	*Taille en bytes*	*TechDetails*
Message-Content	105	
1163975_1158099 FbE27 Allaman FbE28 Allaman — Perroy Renouvellement de la voie 1 voie 315.zip	173'647'810	

Quittance établie par la plateforme de messagerie sécurisée reconnue PrivaSphere Secure Messaging.

Voir aussi: https://www.bj.admin.ch/bj/de/home/staat/rechtsinformatik/e-uebermittlung.html

Horodatage et moment de la quittance se trouvent dans la signature PDF électronique ajoutée.

PrivaSphere AG, Jupiterstrasse, 47, CH-8032 Zürich
Tel: +41 43/299-5588, eMail: ticket@privasphere.com
Web: https://www.privasphere.com

Digital signiert durch
PrivaSphere AG
Date: 2025.07.11 11:43:47
CEST