SBB CFF FFS

12.101.
05

DE-OCF
N° de ligne: **150**
Désignation: **Lausanne – Genève-Aéroport**
km: **4.700 – 5.600**

Canton: **Vaud**
Communes: **Bussigny, Crissier, Ecublens et Renens**

Projet: **EA 35 – Renens : Modification tête Ouest**
N° ISP: 1161163

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

Auteurs:

Suppléance du maître d'ouvrage CFF		Auteur du projet	
Départe-ment/UO:	I-AEP-LEM-MOR-MPJ	Entreprise:	ATB SA
Nom:	Frédéric Restani	Nom:	Christian Simonin
Date:	05.10.2026	Date:	05.10.2026
Signature:	Frédéric Restani - I-AEP-LEM-MOR-MPJ CFF Infrastructures - 1020 Renens, 5 oct. 2026 SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse Signé sur Skribble.com	Signature:	Christian Simonin 5 oct. 2026 SEQ Signature électronique qualifiée · Droit suisse Signé sur Skribble.com

Mur de guidage - Base de projet

Version A 05.10.26 RP Version PAP

CFF SA, Infrastructure, Projets d'aménagement et de renouvellement, Renens Rue de la Gare de Triage 7, CH – 1020 Renens

Le présent document est protégé par le droit d'auteur. Toute utilisation à des fins commerciales requiert une autorisation préalable expresse.

EA2035 Renens : modification Tête Ouest, ligne 150, km 3.982 – 6.215
Murs de guidage et vérification des piles existantes

Numéro ISP

Phase de projet

Avant-projet	Projet de construction/PAP	Exécution	Ouvrage exécuté
	x		

Auteur du projet

Groupement InfraW
ATB SA et Monod – Piguet + Associés Ingénieurs Conseils SA

☒ ☐

Journal des modifications :

Index	Auteur	Visa	Contrôle	Visa	Validation	Visa
V0	RP	-	19.05.26	CS	19.05.26	CS
V1	RP	-	29.06.26	CS	29.06.26	CS
V2	RP	-	17.08.26	CS	17.08.26	CS
V3	RP	-	22.09.26	CS	22.09.26	CS
V4	RP		05.10.26	CS	05.10.26	CS

Base du projet

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-BT-IB.

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 remplie.

Liste des révisions des modifications spécifiques au projet

Chapitre	Modifications
Divers	V1 - 26/06/2026 : Modifications apportées en bleu par rapport à la version V0 du document selon les premières remarques de l'expert.
Divers	V2 - 17/08/2026 : Modifications apportées en bleu par rapport à la version V1 du document selon les premières remarques de l'expert.
Divers	V3 - 22/09/2026 : Modifications apportées en bleu par rapport à la version V2 du document selon les premières remarques de l'expert.
Divers	V4 – 05/10/2026 : Modifications apportées en bleu par rapport à la version V3 du document selon les remarques de la SIOP.

Journal des modifications du modèle de document

Version	4.2.1
Dernière modification	06.05.2024
Dernière modification par	I-NAT-BT-IB
Modification de Version 4.1	Mis à jour et corrections
Modification de Version 4.2	Correction facteures de charge tableau 41

Table des matières

1. Généralités 4
1.1. Introduction 4
1.2. Description du projet 4
1.3. Croquis du projet, plans d'ensemble 5
1.4. Délimitation 7
1.5. Durée d'utilisation 7
1.6. Objectifs de protection 7

2. Bases 8
2.1. Bases spécifiques du projet 8
2.1.1. Plans 8
2.1.2. Rapports 8
2.1.3. Bibliographie 8
2.2. Bases légales 8
2.3. Normes 8
2.4. Exigences et réglementations spécifiques aux CFF et aux chemins de fer 8

3. Conditions géotechniques et modèle de sol de fondation 9
3.1. Conditions géologiques 9
3.1.1. Profils géologiques 10
3.2. Conditions hydro-géologiques 13
3.3. Choix du coefficient de poussée des terres 13

4. Concept de la structure 14
4.1. Système statique 14
4.1.1. Description du système statique 14
4.1.2. Conditions d'appui 15
4.2. Modèle de dimensionnement 16
4.3. Degré de conformité 16
4.4. Matérialisation 18
4.4.1. Composants et ouvrages existants 18
4.4.2. Nouveaux composants et ouvrages à réaliser 20

5. Actions 21
5.1. Pour des ouvrages existants: actions actualisées selon SIA 269/1 21
5.1.1. Actions permanentes, actualisées 21
5.1.2. Actions variables, actualisées 22
5.1.3. Actions exceptionnelles, actualisées 23
5.2. Pour les ouvrages à réaliser: actions selon la norme SIA 261 25
5.2.1. Actions permanentes, non actualisées 25
5.2.2. Actions variables, non actualisées 26
5.2.3. Actions exceptionnelles, non actualisées 27

6. Sécurité structurale 28
6.1. Situations de risque et mesures 28
6.1.1. État final (phase d'utilisation définitive) 28

7. Aptitude au service 30
7.1.1. État final (phase d'utilisation définitive) 30

8. Durabilité 31

9. Risques acceptés 31

10. Signatures 32

1. Généralités

1.1. Introduction

La présente base du projet porte sur le projet « EA2035 Renens : modification Tête Ouest », ligne 150, km 3.982 – 6.215. Le présent document regroupe les principales hypothèses et les situations de risque pertinentes pour l'état de construction et l'état de service.

La base du projet sert de point de départ pour la définition des travaux de rehaussement des murs de guidage, des travaux relatifs à la réalisation de nouveaux murs de guidage (sur pieux ou sur semelles filantes) dans la continuité de ceux existants, des vérifications statiques relatives au cas de choc ferroviaire sur les piles de ponts existantes, 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 01.05.2026 [1]. 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 base du projet doit être élaborée pour les composants/ouvrages suivants :

- Murs de guidage en béton armé visant à protéger les piles des ponts situées entre les voies 300 et 501.
  A ce sujet, des murs de guidage sont déjà existants, et devront être réhaussés. D'autres murs de guidage devront être construits, dans le prolongement des 2 files de murs de guidage existants, de sorte à réduire le risque de collision contre les piles de ponts existantes. Des nouveaux butons, liants les 2 files de murs de guidage, devront être réalisés également, et les butons existants devront être eux aussi réhaussés.
  Les murs de guidage seront fondés sur des semelles filantes (nouvelles ou existantes), hormis pour la partie est de l'ensemble, où les murs seront fondés sur des files de pieux.
- Piles de ponts existantes, localisées entre les voies 300 et 501, au cas de choc ferroviaire.
  La vérification est réalisée en particulier pour les piles susceptibles de recevoir un choc ferroviaire (piles P30 située à 11 cm du mur de guidage, pile P90 située à 46 cm du mur de guidage).

1.2. Description du projet

La description du projet figurant dans la convention d'utilisation est également valable pour la base du projet et sera complétée et spécifiée ici.

Le projet prévoit :

- Rehaussement de murs de guidage existants (+0,76 m à +1,80 m du niveau du PDR), sur une longueur approximative de 100 m.
- Construction de nouveaux murs de guidage (+0,76 m à +1,80 m du niveau du PDR), sur une longueur approximative de 120 m.
- Construction de nouveaux butons liants les 2 files de murs de guidage.
- Réalisation de 2 files de pieux pour la partie est des murs de guidage (sur une longueur approximative de 2x35 m).
- La vérification au cas de choc ferroviaire des piles de ponts P30 et P90 existantes (appartenant respectivement aux ponts 2 et 3b).

1.3. Croquis du projet, plans d'ensemble

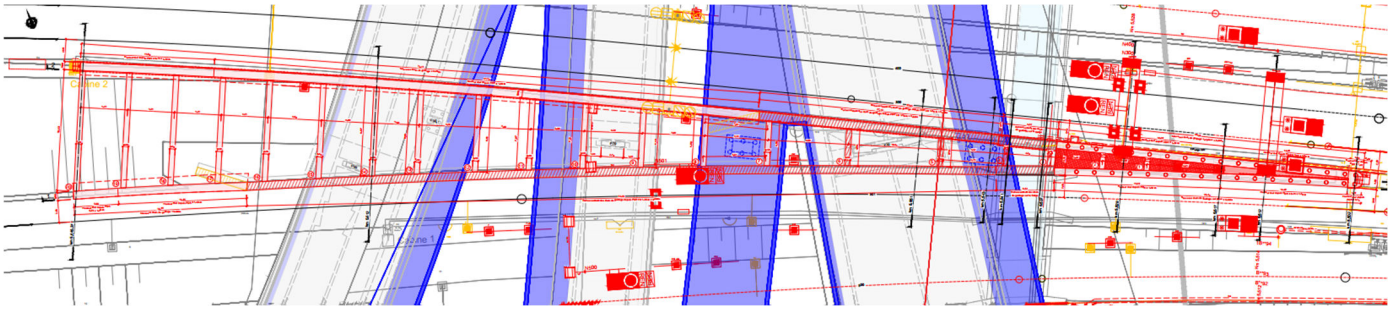


Figure 1: Situation générale des murs de guidage

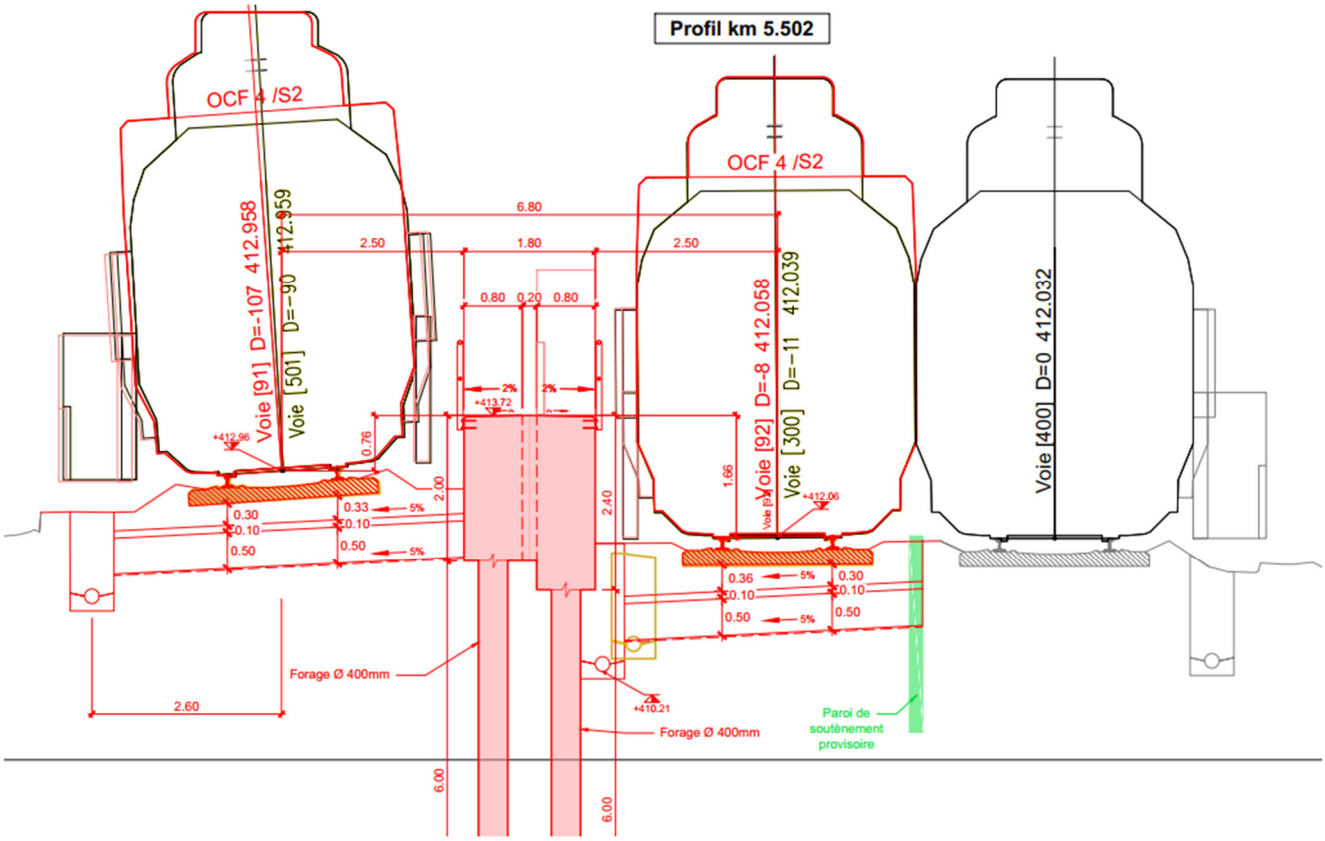


Figure 2: Coupe représentative des murs de guidage sur pieux

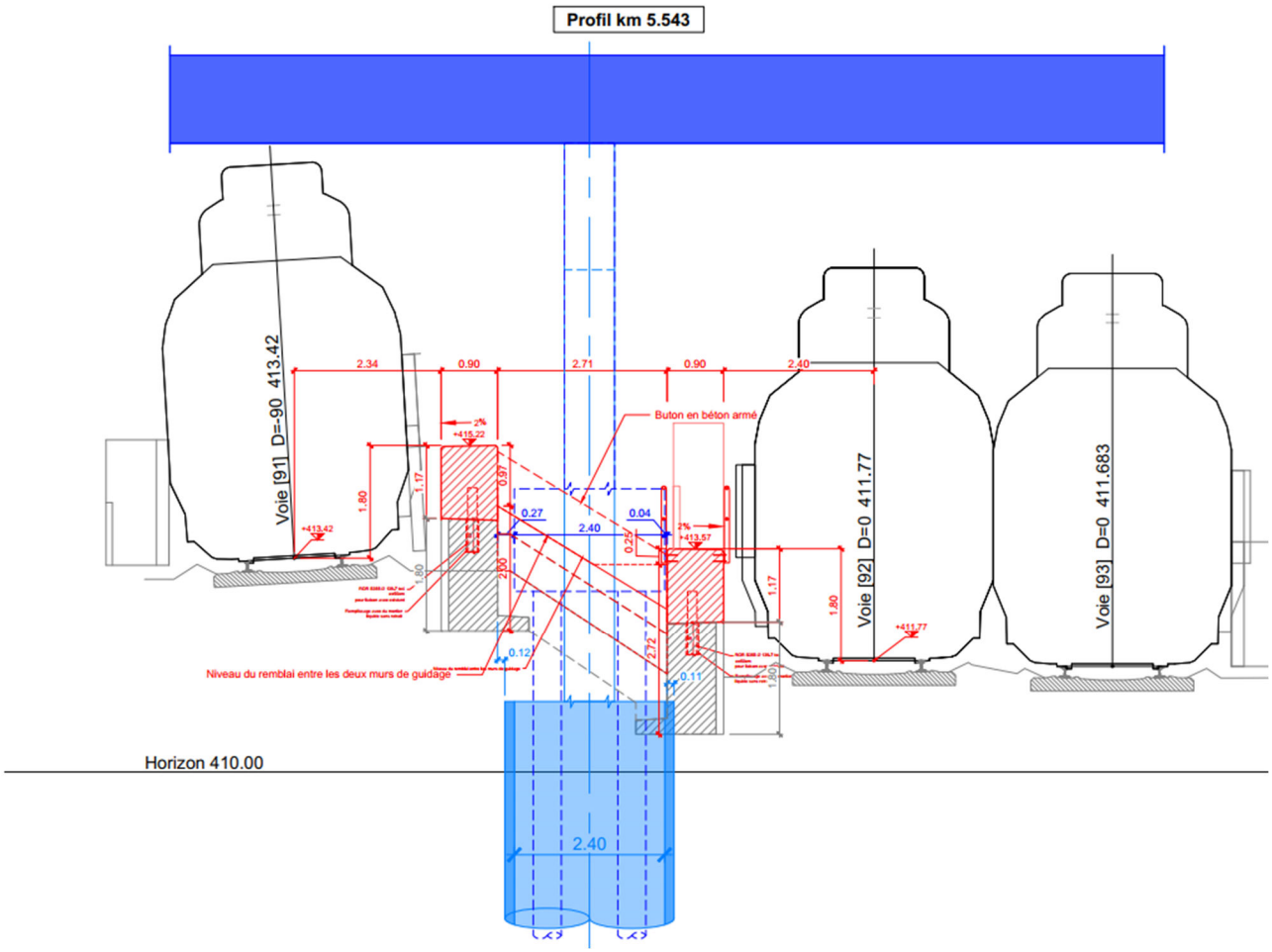


Figure 3: Coupe représentative des rehaussements des murs de guidage sur pieux

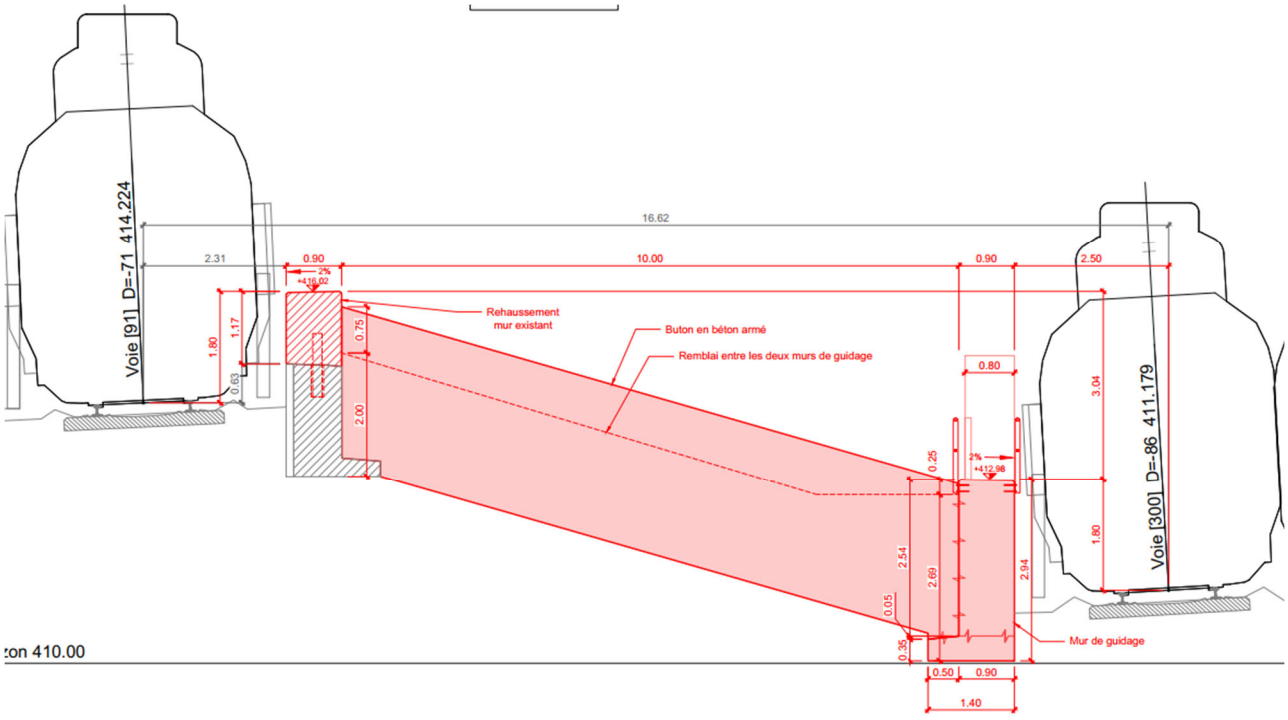


Figure 4: Coupe représentative de la réalisation de nouveaux butons entre murs de guidage

1.4. Délimitation

Voir convention d'utilisation [1].

1.5. Durée d'utilisation

Voir convention d'utilisation [1].

1.6. Objectifs de protection

Voir convention d'utilisation [1].

2. Bases

2.1. Bases spécifiques du projet

[1] Murs de guidage - Convention d'utilisation - 01.05.2026

2.1.1. Plans

Voir convention d'utilisation [1].

2.1.2. Rapports

Voir convention d'utilisation [1].

2.1.3. Bibliographie

Voir convention d'utilisation [1].

2.2. Bases légales

Voir convention d'utilisation [1].

2.3. Normes

Voir convention d'utilisation [1].

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

Voir convention d'utilisation [1].

3. Conditions géotechniques et modèle de sol de fondation

3.1. Conditions géologiques

Couche du sol		Position sup. [altitude en m]	Épaisseur [m]	USCS	Valeurs caractéristiques du sol de fondation	
a	Remblai	Env. 411,35 à 412,25	Env. 2,25 à 3,25	-	γ_φ = 20.5 kN/m³ φ'_k = 32 ° c'_k = 0-2 kN/m²	ME : 20'000 kN/m²
b	Fluvio-glaciaire faciès fin	Env. 409,00	Env. 2,00	-	γ_φ = 20 kN/m³ φ'_k = 27-30 ° c'_k = 0-10 kN/m²	ME : 5'000 kN/m²
c	Fluvio-glaciaire faciès sableux	Env. 407,00	-	-	γ_φ = 20 kN/m³ φ'_k = 30-32 ° c'_k = 0-2 kN/m²	ME : 30'000 kN/m²

Tableau 1: modèle de sol de fondation et valeurs caractéristiques du sol de fondation – KM 5.502

Couche du sol		Position sup. [altitude en m]	Épaisseur [m]	USCS	Valeurs caractéristiques du sol de fondation	
a	Remblai	Env. 411,10 à 413,70	Env. 2,1 à 4,7	-	γ_φ = 20.5 kN/m³ φ'_k = 32 ° c'_k = 0-2 kN/m²	ME : 20'000 kN/m²
b	Dépôts fluvio-glaciaire faciès fin	Env. 409,00	Env. 2,00	-	γ_φ = 20 kN/m³ φ'_k = 27-30 ° c'_k = 0-10 kN/m²	ME : 5'000 kN/m²
c	Dépôts fluvio-glaciaire faciès sableux	Env. 407,00	-	-	γ_φ = 20 kN/m³ φ'_k = 30-32 ° c'_k = 0-2 kN/m²	ME : 30'000 kN/m²

Tableau 2: : modèle de sol de fondation et valeurs caractéristiques du sol de fondation – KM 5.543

3.1.1. Profils géologiques

Des sondages disponibles sur le géoportail du canton de Vaud (https://www.geocad1.vd.ch/), n° sondages 36234 et 36236, datant de 2019, ont été utilisés pour caractériser le sol dans l'emprise des murs de guidage.

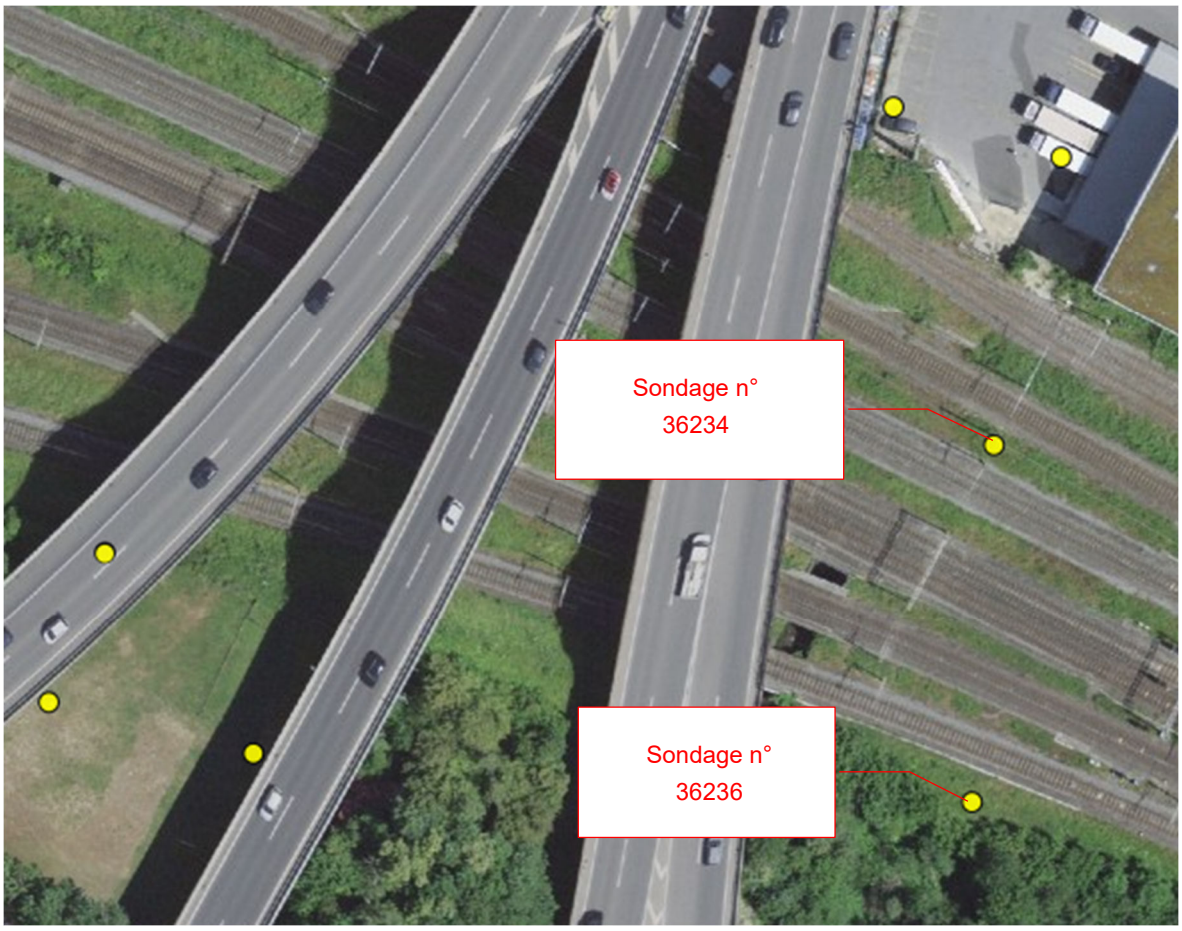


Figure 5: Localisation des sondages disponibles

Sondage n° 36234 :

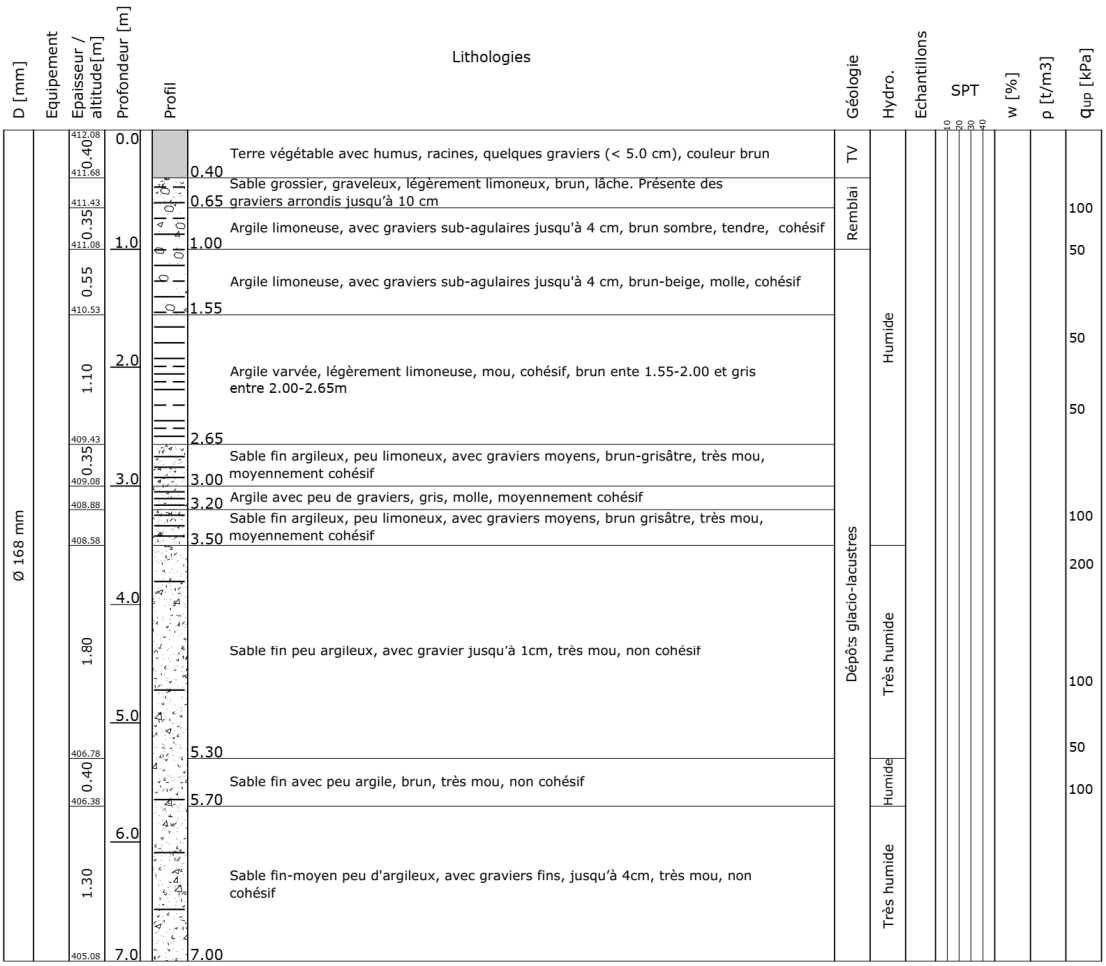


Figure 6: Résultat de sondage géologique n°36234

Sondage n° 36236 :

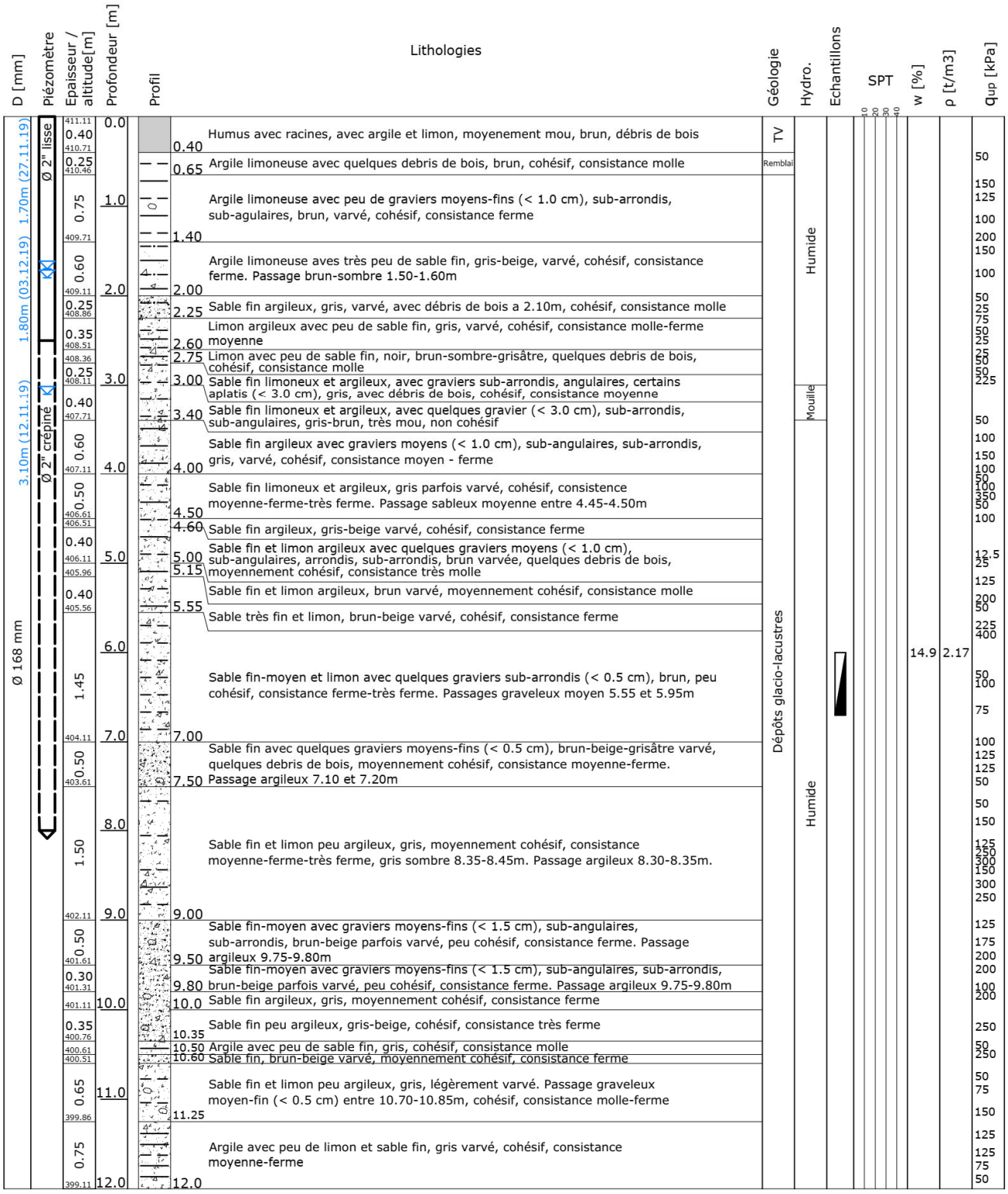


Figure 7: Résultat de sondage n°36236

3.2. Conditions hydro-géologiques

La géologie des couches de sol dans l'emprise des murs de guidage se compose de :

- Couche de remblai, mis en place lors de la construction des murs de guidage et des voies à l'époque de leur construction
- Couche de dépôts fluvio-glaciaires à faciès fin, environ entre les niveaux 407 msm et 409 msm
- Couche de dépôts fluvio-glaciaires à faciès sableux, environ sous le niveau 407 msm

La nappe a un niveau peu profond (1,7 m de profondeur depuis niveau du terrain naturel mesuré le 27.11.2019, à 409,4 msm ; 1,8 m de profondeur depuis niveau du terrain naturel mesuré le 03.12.2019, à 409,3 msm).

3.3. Choix du coefficient de poussée des terres

Le choix du coefficient de poussée des terres s'effectue selon la norme SIA 261, en particulier chapitre 4.3 et tableau 1, ainsi que selon la norme SIA 267 chapitre 12.4.3.

Ouvrage ou partie d'ouvrage	Justificatif de la sécurité structurale	Justificatif de l'aptitude au service
Murs de guidage sur semelles	Poussée des terres au repos avec K0, appliquée comme charge sur les murs de guidage sur semelles, selon la norme SIA 261, en particulier au chapitre 4.3 et au tableau 1, ainsi que selon la norme SIA 267 au chapitre 12.4.3. Les déplacements du mur étant possibles dans une faible mesure, nous avons tenu compte de la poussée au repos. La poussée au repos n'a pas été considérée contre les murs pour la zone sur pieux.	Néant

Tableau 3: 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. Description du système statique

Murs de guidage :

Les murs de guidage (fondés sur semelles et sur pieux) fonctionnent comme une entité globale. Tous les éléments sont liés entre eux, monolithiquement, ou par goujonnage (ROR métalliques scellés) pour les liaisons nouveau/existant.

Les murs de guidage sur semelles, nouveaux et existants, ainsi que l'ensemble des butons liant les 2 fils de murs, ont été modélisés sur le logiciel AxisVM (x7).

Les liaisons entre les éléments existants et les nouveaux sont définis par des rotules de bords (goujonnages prévus dans ces zones).

Des appuis surfaciques (avec composantes horizontales et verticales) ont été considérés sous les semelles des murs de guidage. Aucune composante d'appui verticale ou horizontale n'a été considérée sous les butons.

Des appuis ponctuels ont été considérés, à chaque mètre de profondeur, pour les pieux.

La zone entre les butons 3 et 4 est composée de 2 murs sans appuis intermédiaires, appuyés sur les murs du ruisseau de la Sorge.

Un remblai est prévu entre les files de murs de guidage, sur une hauteur de 2,0 m.

Piles de pont existantes :

L'étude des piles existantes des ponts est réalisée sur le logiciel AxisVM (x7), également sur la base d'un modèle éléments finis en 3D. Certaines vérifications ont été réalisées sur le logiciel Fagus.

Le système statique de l'ouvrage correspond à un tablier continu sur plusieurs travées. Les piles extérieures sont articulées en tête et en pied et transmettent principalement les efforts verticaux aux fondations.

Contrairement aux piles extérieures décrites précédemment, les piles P29 et P30 du pont 2, et les piles P89 et P90 du pont 3b, ne sont pas modélisées comme des rotules et participent à la reprise des moments fléchissants ainsi que des efforts horizontaux transmis par le tablier. Elles assurent ainsi la stabilité globale de l'ouvrage et contribuent à sa rigidité dans les directions longitudinale et transversale.

Les piles P30 et P90 sujettes au choc et étudiées dans ce projet jouent donc le rôle d'appuis fixes du système porteur, tandis que les autres piles se comportent principalement comme des appuis articulés transmettant les charges verticales aux fondations.

4.1.2. Conditions d'appui

Murs de guidage fondés sur semelles :

Pour la vérification structurelle des murs de guidage existants, et le dimensionnement des nouveaux murs de guidage, des valeurs enveloppes ont été considérées, en tenant compte des caractéristiques de 2 sols différents.

Les rigidités des ressorts considérées pour les 2 types de sols sont présentées ci-dessous :

Modèle	$ks_{h,X}$ (kN/m/m^2)	$ks_{h,Y}$ (kN/m/m^2)	$ks_{v,Z}$ (kN/m/m^2)	ME (MPa)
Sol 1	600	600	3'000	5
Sol 2	4'000	4'000	20'000	30

Tableau 4: Caractéristiques des raideurs du sol utilisées dans les modèles de calculs

Pour la vérification des déplacements des murs de guidage (nouveaux et existants), les valeurs suivantes ont été fournies par le géotechnicien du projet (Institut Géotechnique SA), selon annexes 10.13.1 à 10.13.3 de la NDC :

$ks_{h,X}$ (kN/m/m^2)	$ks_{h,Y}$ (kN/m/m^2)	$ks_{v,Z}$ (kN/m/m^2)
4'790 à 6'800	4'790 à 6'800	5'000 à 6'000

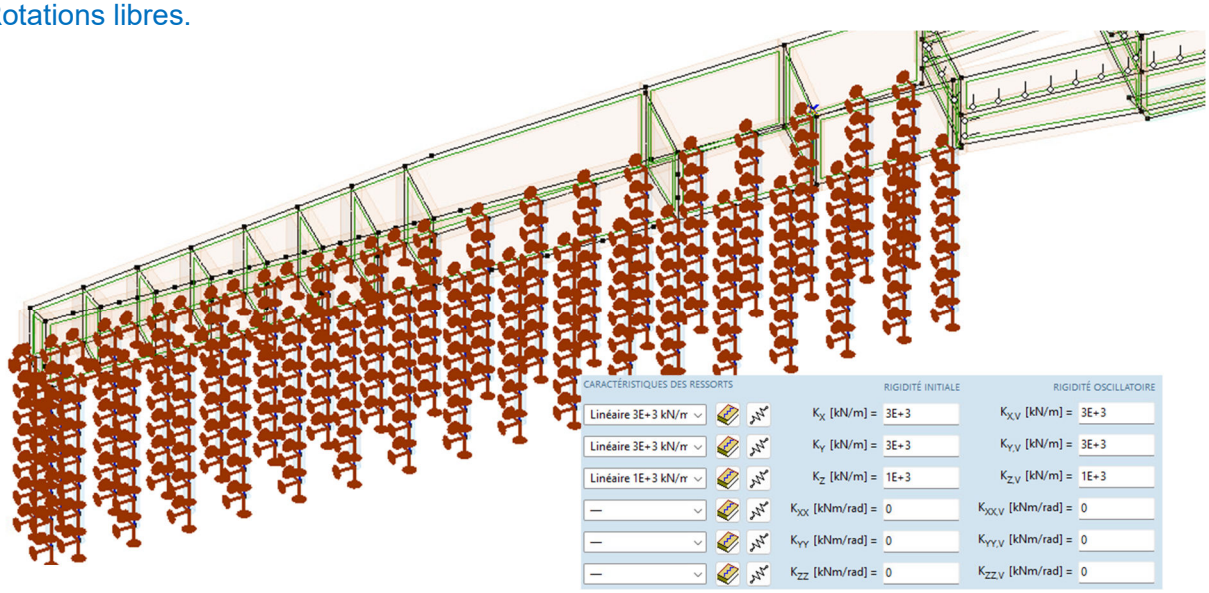
Valeurs de ressorts considérées pour la vérification des déplacements :

Modèle	$ks_{h,X}$ (kN/m/m^2)	$ks_{h,Y}$ (kN/m/m^2)	$ks_{v,Z}$ (kN/m/m^2)
Sol 3	4'790	4'790	5'500

Murs de guidage fondés sur pieux :

Pour le dimensionnement des murs de guidage fondés sur pieux, nous nous sommes basés sur les résultats du modèle ZSoil du bureau Geomod (modélisation 3D du sol, des murs et pieux).
Un calage du modèle AxisVM a été réalisé sur celui du modèle ZSoil du bureau Geomod. Pour cela, les valeurs des ressorts ponctuels modélisés à chaque mètre de profondeur des pieux ont été ajustées de sorte à obtenir des déformations relativement similaires à celles obtenus par le modèle ZSoil, pris comme référence pour définir les sollicitations et déformations relatives aux pieux.
Le calage a été réalisé sur la base du modèle de sol 3 selon 2.2.1 de la Note de Calcul. Pour second rappel, les caractéristiques du sol 3 concernent uniquement les valeurs des appuis surfaciques sous les semelles des murs de guidage (hors partie sur pieux). Les valeurs ks_v et ks_h ont été communiquées par le bureau Institut Geotechnique et sont présentées aux chapitres 10.12.1 à 10.12.3 de la Note de Calcul.
Par tâtonnement, les valeurs des appuis ponctuels (à chaque mètre de profondeur des pieux) ont été ajustées pour correspondre au mieux aux déplacements trouvés sur le modèle ZSoil. Les valeurs des appuis suivantes ont été retenues, et les résultats sont présentés à la suite :

K_X = 3'000 kN/m ; K_Y = 3'000 kN/m ; K_Z = 1'000 kN/m
Rotations libres.



4.2. Modèle de dimensionnement

- Les murs de guidage fondés sur semelles, et ceux fondés sur pieux, sont modélisés à travers un seul et unique modèle éléments finis en 3D, sur le logiciel AxisVM (x7). Les valeurs caractéristiques des appuis ont été définies de sorte à correspondre aux déplacements et sollicitations obtenus par le modèle ZSoil 2026 du bureau Geomod (qui a réalisé une étude d'interaction sol/structure sur la base d'un modèle éléments finis 3D).
- L'étude de piles existantes des ponts est réalisée sur le logiciel AxisVM (x7), également sur la base d'un modèle éléments finis en 3D. Certaines vérifications ont été réalisées sur le logiciel Fagus.

4.3. Degré de conformité

Selon Note de calculs.

4.4. Matérialisation

4.4.1. Composants et ouvrages existants

État de l'ouvrage

Matériau Désignation	Ouvrage ou partie d'ouvrage	Valeurs de dimensionnement	Valeurs caract.	Remarques
Béton				
Béton BS 325 (selon SIA 162 de 1968)	Piles de pont existantes P30 et P90	f_{cd} = 16 MPa τ_{cd} = 0,98 MPa E_{cd} = 30 GPa ε_{c1d} = 2 ‰ ε_{c2d} = 3,5 ‰	f_{ck} = 24 MPa f_{ctm} = 2,9 MPa E_{ck} = 30 GPa γ_{ck} = 25 kN/m^3	Valeurs effectives lors de la construction, sans prise en compte du durcissement dû à l'âge.
	Valeurs considérées dans vérification : C30/37	f_{cd} = 20 MPa τ_{cd} = 1,1 MPa E_{cd} = 30 GPa ε_{c1d} = 2 ‰ ε_{c2d} = 3,5 ‰	f_{ck} = 30 MPa f_{ctm} = 2,9 MPa E_{ck} = 30 GPa γ_{ck} = 25 kN/m^3	Prise en compte du durcissement dû à l'âge du béton. Voir paragraphe à la suite du présent tableau.
Béton BH300 (selon SIA 162 de 1968)	Semelles de fondation de piles existantes P30 et P90	f_{cd} = 10,5 MPa τ_{cd} = 0,8 MPa E_{cd} = 30 GPa ε_{c1d} = 2 ‰ ε_{c2d} = 3 ‰	f_{ck} = 16 MPa f_{ctm} = 1,9 MPa E_{ck} = 30 GPa γ_{ck} = 25 kN/m^3	Non considéré dans la vérification. Valeurs effectives lors de la construction, sans prise en compte du durcissement dû à l'âge.
Acier d'armature				
Acier III (SIA 162 de 1968) Enrobage min. 30mm	Piles de pont existantes P30 et P90	f_{sd} = 390 MPa E_s = 205 GPa k_s = 1,15 ε_{ud} = 6 ‰	f_{sk} = 450 MPa k_s = 1,15 γ_{sk} = 78,5 kN/m^3 ε_{uk} = 12 ‰	Au cas accidentel, fsd est multiplié par 1,15 conformément à la SIA 262.
Acier III (SIA 162 de 1968) Enrobage min. 30mm	Semelles de fondation de piles existantes P30 et P90	f_{sd} = 390 MPa E_s = 205 GPa k_s = 1,15 ε_{ud} = 6 ‰	f_{sk} = 450 MPa k_s = 1,15 γ_{sk} = 78,5 kN/m^3 ε_{uk} = 12 ‰	Au cas accidentel, fsd est multiplié par 1,15 conformément à la SIA 262.

Tableau 5: valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques des propriétés des matériaux de construction des ponts/aqueducs, composants existants

<u>Caractéristiques équivalentes du béton BS 325 selon SIA 269/2 :</u>
Les caractéristiques du béton ont été actualisées selon la norme SIA 269/2.
La classe indiquée sur les plans de réalisation est BS 325. La classe actuelle la plus proche est C25/30. Compte tenu de l'augmentation de la résistance moyenne du béton dans le temps ($1{,}25.f_{ctm}$ après 20 ans), une classe supérieure actualisée C30/37 est retenue.

Matériau Désignation	**Ouvrage ou partie d'ouvrage**	**Valeurs de dimensionnement**	**Valeurs caract.**	**Remarques**
Béton				
Béton B45/35 (selon SIA 162 de 1989) Autocompactant CEM II / B-M (V-LL) 32,5 R (Flextremo 3R) Dosage 440 kg/m3 Dmax 16 Coffrage type 2	Eléments préfabriqués des murs de guidage (valeurs de béton B45/35 non considérées dans les calculs)	f_{cd} = 19,7 MPa τ_{cd} = 1,09 MPa E_{cd} = 34 GPa ε_{c1d} =2 ‰ ε_{c2d} = 3 ‰	f_{ck} = 29,6 MPa f_{ctm} = 2,9 MPa E_{ck} = 34 GPa γ_{ck} = 25kN/m^3	Ces caractéristiques n'ont pas été prises en compte dans les vérifications. On ne s'intéresse qu'à la partie coulée en place C30/37. Valeurs effectives lors de la construction, sans prise en compte du durcissement dû à l'âge.
Béton C30/37	Béton coulé en place des murs de guidage	f_{cd} = 20 MPa τ_{cd} = 1,1 MPa E_{cd} = 30 GPa ε_{c1d} = 2 ‰ ε_{c2d} = 3,5 ‰	f_{ck} = 30 MPa f_{ctm} = 2,9 MPa E_{ck} = 30 GPa γ_{ck} = 25 kN/m^3	Valeurs effectives lors de la construction, sans prise en compte du durcissement dû à l'âge.
Remarque : Au cas de charge accidentel, une plastification des sections est admise, et E_{cd} est pris égale à 34/2 = 17 GPa				
Acier d'armature				
Acier B500B (SIA 262 de 2003) Enrobage min. 40 mm	Murs de guidage existants	f_{sd} = 435 MPa E_s = 205 GPa k_s = 1,08 ε_{ud} = 45 ‰	f_{sk} = 500MPa k_s = 1,08 γ_{sk} = 78,5 kN/m^3 ε_{uk} = 50 ‰	Au cas accidentel, fsd est multiplié par 1,15 conformément à la SIA 262.

Tableau 6: valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques des propriétés des matériaux de construction des murs de guidage, composants existants

4.4.2. Nouveaux composants et ouvrages à réaliser

Matériau Désignation	**Ouvrage ou partie d'ouvrage**	**Valeurs de dimensionnement**	**Valeurs caract.**	**Remarques**
Béton				
Béton NPK F C30/37 XC4(CH)/XD3(CH)/XF2(CH) Dmax 32 Cl 0.10 C3	Nouveaux éléments de murs de guidage	f_{cd} = 20 MPa τ_{cd} = 1,10MPa E_{cd} = 34 GPa ε_{c1d} = 2 ‰ ε_{c2d} = 3 ‰	f_{ck} = 30 MPa f_{ctm} =2,9 MPa E_{ck} =34 GPa γ_{ck} =25 kN/m^3 $\varphi(t,t_0)$ = 2,50	
Béton NPK I (P2) C30/37 E/C max = 0,5 Dmax 32 Cl 0.10 F5	Pieux forés	f_{cd} = 16,7 MPa τ_{cd} = 1,00 MPa E_{cd} = 34 GPa ε_{c1d} = 2 ‰ ε_{c2d} = 3 ‰	f_{ck} = 25 MPa f_{ctm} =2,6 MPa E_{ck} =34 GPa γ_{ck} =25 kN/m^3 $\varphi(t,t_0)$ = 2,50	Selon EN 206 :2013+A1
Remarque : Au cas de charge accidentel, une plastification des sections est admise, et E_{cd} est pris égale à 34/2 = 17 GPa. <u>Classes d'exposition et enrobages des nouveaux éléments :</u> - Nouveaux murs de guidage : Béton NPK F (T3) (XC4/XD3/XF2) ; c = 55 mm - Nouveaux pieux pour murs de guidage : Béton NPK I (P2) ; c = 75 mm ; selon 9.6.3.2.6 SIA 267				
Acier d'armature				
Acier B500 B	Nouveaux éléments de murs de guidage	f_{sd} = 435 MPa E_s = 205 GPa k_s = 1,08 ε_{ud} = 45 ‰	f_{sk} = 500 MPa k_s = 1,08 γ_{sk} = 78,5 kN/m^3 ε_{uk} = 50 ‰	Au cas accidentel, fsd est multiplié par 1,15 conformément à la SIA 262.
Acier B500 B	Armatures de pieux	f_{sd} = 435 MPa E_s = 205 GPa k_s = 1,08 ε_{ud} = 45 ‰	f_{sk} = 500 MPa k_s = 1,08 γ_{sk} = 78,5 kN/m^3 ε_{uk} = 50 ‰	Au cas accidentel, fsd est multiplié par 1,15 conformément à la SIA 262.

Tableau 7 : valeurs de dimensionnement et valeurs caractéristiques des propriétés des matériaux de construction murs de guidage, nouveaux composants à réaliser

Produits/ systèmes	**Composant**	**Type**	**Spécifications**	**Remarques**
Pieux		Pieux forés tubés	Dimensions : D400mm	SIA 267
Remarques : - **Afin de garantir le frottement latéral requis par les pieux, la mise en œuvre des pieux par tubage, ou par utilisation d'un fluide de soutènement assurant le maintien des terres, devra être réalisée.** - Au cas de charge accidentel, une plastification des sections est admise, et E_{cd} est pris égale à 34/2 = 17 GPa				

Tableau 8: produits et systèmes murs de guidage, nouveaux composants à réaliser

5. Actions

5.1. Pour des ouvrages existants: actions actualisées selon SIA 269/1

5.1.1. Actions permanentes, actualisées

Élément constructif : Murs de guidage

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Poids propre		
• Béton	Vérification théorique/ calcul statique	Poids propre du béton : γ_G = 25 kN/m^3
• Acier d'armature passive	Vérification théorique/ calcul statique	Poids propre de l'acier d'armature passive : γ_S = 78,5 kN/m^3
Poussée des terres contre les murs de guidage		Poussée au repos, répartition triangulaire de la poussée au repos des terres à partir du bord supérieur du remblai jusqu'au bord inférieur de la fondation (soit entre +0,00 et +1,00 m par rapport au niveau inférieur de la semelle de fondation).
• sous l'effet du poids propre du remblai	Vérification théorique/ calcul statique	e_h = K0 * q = 0,5 x 22 kN/m^3 = 11 kN/m^3

Tableau 9: actions permanentes sur murs de guidage, actualisées

Élément constructif : piles de ponts existantes

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Poids propre		
• Béton	Vérification théorique/ calcul statique	Poids propre du béton : γ_G = 25 kN/m^3
• Acier d'armature passive	Vérification théorique/ calcul statique	Poids propre de l'acier d'armature passive : γ_S = 78,5 kN/m^3
Poids propre des éléments non porteurs		
• Revêtement Couche de protection ép. 50 mm + couche de roulement ép. 40 mm	Vérification théorique/ calcul statique	γ = 24 kN/m^3
• LBP et vitrification epoxy ép. 5 mm	Vérification théorique/ calcul statique	γ = 24 kN/m^3
• Bordures bétons surface 0,5m²	Vérification théorique/ calcul statique	γ = 25 kN/m^3

Tableau 10: actions permanentes sur piles de ponts existantes, actualisées

5.1.2. Actions variables, actualisées

Élément constructif : murs de guidage

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Température	Vérification théorique/ calcul statique	Coefficient de dilatation thermique = 10*10e-6 /°C (selon la norme SIA 261, tableau 5) Valeur caract. de la variation uniforme de température = ± 20 °C. (selon la norme SIA 261, tableau 6)

Tableau 11: actions variables sur murs de guidage, actualisées

Élément constructif : piles de ponts existantes

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Température	Vérification théorique/ calcul statique	Coefficient de dilatation thermique = 10*10e-6 /°C (selon la norme SIA 261, tableau 5) Valeur caract. de la variation uniforme de température = ± 20 °C (selon la norme SIA 261, tableau 6) Valeur caract. de la partie linéaire de la variation de température pour des ponts routiers avec revêtement routier et structures porteuses similaires = +8 °C (selon la norme SIA 161, tableau 7)

Tableau 12: actions variables sur piles de ponts existantes, actualisées

Coefficients du modèle de charge du trafic ferroviaire :

Coefficient de classification : pour vérifications théoriques d'ouvrages existants généralement pas de valeur α. En cas de mesures de renfort selon la durée de vie restante, 1,00 < α ≤ 1,33.

Pour les structures géotechniques, ouvrages en terre et murs de soutènement le coefficient peut être fixés à α = 1,00 pour le dimensionnement de la force de lacet selon PVIngS.

Coefficient dynamique: le coefficient dynamique est utilisé pour vérifier la sécurité structurale, état limite du type 2, l'aptitude au service et pour la verification à la fatigue.
Les actions statiques des modèles de charge selon les catégories de ligne sont multipliées par le coefficient dynamique 1+φ.
Pour la poussée des terre due aux charges du trafic ferroviaire, le coefficient dynamique de la charge verticale de remplacement (selon DE-OCF de l'art. 26) φ peut être négligé (selon norme SIA 261, chiffre 11.2.1.5).
Les valeurs des forces dues au démarrage/au freinage, ainsi que des forces de lacet et des forces centrifuges, de même que les modèles de charge de déraillement 1 et 2 ne sont pas multipliés par 1+φ.

5.1.3. Actions exceptionnelles, actualisées

Élément constructif : murs de guidage

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Impact direct	Vérification théorique/ calcul statique	Selon proposition de l'OFT - Murs de guidage à +1.80 m du PDR : Qdy = 4000 kN - Murs de guidage à +0.76 m du PDR : Qdy = 1000 kN - Transitions +0.76 m à +1.80 m du PDR : Qdy = 1000 à 4000 kN (augmentation linéaire) - Extrémité est des murs de guidage sur pieux : Qdx = 6000 kN pour mur de guidage à +0.76 m du PDR Les charges de choc ferroviaire accidentelles sont appliquées à 10 cm sous le niveau supérieur des murs de guidage, et sont réparties sur une longueur de 3,0 m, selon DE-OCF chapitre 10.2.1.6.
Explosions	Risque accepté	
Incendie	Risque accepté	

Tableau 13: actions exceptionnelles sur murs de guidage, actualisées

Élément constructif : piles de ponts existantes

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Impact direct	Vérification théorique/ calcul statique	Selon proposition de l'OFT - Choc sur pile P30 depuis voie 300 : Qdx = 2000 kN à +3,0 m du PDR Qdy = 1000 kN à +3,0 m du PDR - Choc depuis pile P90 depuis voie 501 : Qdx = 2000 kN à +3,0 m du PDR Qdy = 1000 kN à +3,0 m du PDR L'axe des piles n'étant pas parallèle à ceux des voies attenantes, des projections selon les axes principaux des piles ont été réalisées pour appliquer les cas de charges. Pour les situations où la pile est suffisamment éloignée du train pour ne pas être percutée par ce dernier lorsqu'il déraille, aucune valeur de choc ferroviaire n'est considérée. Selon la norme SIA 261, les charges de choc ferroviaire sur les piles peuvent être réparties au max. jusqu'à 1,0 m en hauteur et 2,0 m en largeur. Pile P30 : la pile ayant une section en « I » composée de 2 larges éléments de bord et d'une âme centrale, nous avons considéré qu'il n'était physiquement pas possible que le choc de train ne vienne percuter l'âme (largement renfoncée au sein des 2 éléments de bord). Par conséquent, nous avons réalisé une vérification uniquement pour un élément de bord de pile.
Explosions	Risque accepté	
Incendie	Risque accepté	

Tableau 14: actions exceptionnelles sur piles de ponts existantes, actualisées

Selon DE-OCF, chapitre 6.3.4 : « Les forces dues aux chocs sont des actions horizontales composées d'une composante Q_{dx} qui s'exerce parallèlement à la voie et d'une composante Q_{dy} qui s'exerce perpendiculairement à l'axe de la voie. Il est admis que les composantes Q_{dx} et Q_{dy} n'agissent pas simultanément ».

5.2. Pour les ouvrages à réaliser: actions selon la norme SIA 261

5.2.1. Actions permanentes, non actualisées

<u>État final (phase d'utilisation définitive)</u>
Élément constructif : murs de guidage

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Poids propre		
• Béton	Vérification théorique/ calcul statique	Poids propre du béton : γ_G = 25 kN/m^3
• Acier d'armature passive	Vérification théorique/ calcul statique	Poids propre de l'acier d'armature passive : γ_S = 78,5 kN/m^3
Poussée des terres contre les murs de guidage		Poussée au repos, répartition triangulaire de la poussée au repos des terres à partir du bord supérieur du remblai jusqu'au bord inférieur de la fondation (soit entre +0,00 et +1,00 m par rapport au niveau inférieur de la semelle de fondation).
• sous l'effet du poids propre du remblai	Vérification théorique/ calcul statique	e_h = K0 * q = 0,5 x 22 kN/m^3 = 11 kN/m^3

Tableau 15: actions permanentes sur murs de guidage, phase d'utilisation définitive

5.2.2. Actions variables, non actualisées

<u>État final (phase d'utilisation définitive)</u>
Élément constructif : murs de guidage

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Température	Vérification théorique/ calcul statique	Coefficient de dilatation thermique = 10.10e-6 /°C (selon la norme SIA 261, tableau 5) Valeur caract. de la variation uniforme de température = ± 20 °C. (selon la norme SIA 261, tableau 6)
Garde-corps	Vérification théorique/ calcul statique	Selon SIA 261 tableau 20 « Passerelles de service non accessibles au public ». qk = 0,8 kN/m Ce cas de charge est pris en compte mais n'est pas détaillé du fait qu'il ne soit pas dimensionnant.

Tableau 16: actions variables sur murs de guidage, phase d'utilisation définitive

Coefficients du modèle de charges dues au trafic ferroviaire :

Coefficient de classification :

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 pour les forces de lacet (la répartition des forces de lacet doit être prise en compte selon le PVIngS - partie 1).
Fatigue : α = 1,00

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 (selon DE-OCF relatives à l'art. 26) φ peut être négligé (selon la norme SIA 261, chiffre 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 .

5.2.3. Actions exceptionnelles, non actualisées

État final (phase d'utilisation définitive)

Élément constructif : murs de guidage

Action	Mesures/ Traitement ultérieur	Hypothèse pour le dimensionnement
Impact direct	Vérification théorique/ calcul statique	Selon proposition de l'OFT - Murs de guidage à +1.80 m du PDR : Qdy = 4000 kN - Murs de guidage à +0.76 m du PDR : Qdy = 1000 kN - Transitions +0.76 m à +1.80 m du PDR : Qdy = 1000 à 4000 kN (augmentation linéaire) - Extrémité est des murs de guidage sur pieux : Qdx = 6000 kN pour mur de guidage à +0.76 m du PDR Les charges de choc ferroviaire accidentelles sont appliquées à 10 cm sous le niveau supérieur des murs de guidage, et sont réparties sur une longueur de 3,0 m, selon DE-OCF chapitre 10.2.1.6.
Explosions	Risque accepté	
Incendie	Risque accepté	

Tableau 17: actions exceptionnelles sur murs de guidage, phase de construction

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. État final (phase d'utilisation définitive)

Élément constructif : murs de guidage

Situation de risque/dimensionnement		État limite	Cas de charge	Coefficients
Légende : LE= action prépondérante, ST= action permanente, BE= action concomitante				
A	Choc ferroviaire (action accidentelle)	A1: état limite type 1 (stabilité globale)	LE: Choc ferroviaire ST: Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs Poussée due au poids propre des terres BE1: Température	1,0 1,0 ψ_{21} = 0.5
		A2: état limite type 2 (résistance ultime structure)	LE: Choc ferroviaire ST: Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs Poussée due au poids propre des terres BE1: Température	1,0 1,0 ψ_{21} = 0.5
		A3: état limite type 3 (résistance ultime du terrain)	LE: Choc ferroviaire ST: Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs Poussée due au poids propre des terres BE1: Température	1,0 1,0 ψ_{21} = 0.5

Tableau 18: vérification de la sécurité structurale des murs de guidage, phase d'utilisation définitive

Élément constructif : piles de ponts existantes

Situation de risque/dimensionnement		État limite	Cas de charge	Coefficients
Légende : LE= action prépondérante, ST= action permanente, BE= action concomitante				
A	Choc ferroviaire (action accidentelle)	A1: état limite type 1 (stabilité globale)	LE: Choc ferroviaire ST: Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs Poussée due au poids propre des terres BE1: Température	1,0 1,0 ψ_{21} = 0.5
		A2: état limite type 2 (résistance ultime structure)	LE: Choc ferroviaire ST: Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs Poussée due au poids propre des terres BE1: Température	1,0 1,0 ψ_{21} = 0.5
		A3: état limite type 3 (résistance ultime du terrain)	LE: Choc ferroviaire ST: Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs Poussée due au poids propre des terres BE1: Température	1,0 1,0 ψ_{21} = 0.5

Tableau 19: vérification de la sécurité structurale des piles de ponts existantes, phase d'utilisation définitive

7. Aptitude au service

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

7.1.1. État final (phase d'utilisation définitive)

Élément constructif : murs de guidage

Situation de risque/dimensionnement		État limite/limites d'utilisation	Cas de charge	Coefficients
Légende : LE= action prépondérante, ST= action permanente, BE= action concomitante				
I		**Ia: durabilité** - Limitation des largeurs de fissures Exigences : Accrues pour l'armature de retrait* Elevées pour l'armature de flexion	Vérification de la contrainte selon SIA 262, chiffre 4.4.2 Cure	
II		**IIa : Cas accidentel** Déplacements limités : - À 12 cm *Pour rappel :* - *Distance entre Pile P30 et Mur de guidage : 11 cm* - *Distance entre Pile P90 et Mur de guidage : 46 cm*	LE: Choc ferroviaire ST: Poids propre Charges permanentes, poids propre des éléments non-porteurs Poussée due au poids propre des terres BE1: Température	1,0 1,0 ψ_{21} = 0.5
Aux ELS : pas d'exigences particulières concernant les déformations.				

Tableau 20: vérification de l'aptitude au service des murs de guidage, phase d'utilisation définitive

* : SIA 262, chapitre 4.4.2.3.7 : Pour les éléments massifs, la zone de traction active pour la détermination de l'armature minimale pour limiter l'ouverture des fissures peut être limitée à une zone de bord de 250 mm d'épaisseur le long des bords de l'élément soumis à la traction.

8. Durabilité

Élément constructif : murs de guidage

Exigences	Mesures	Traitement ultérieur
Déformations	Dimensionnement	Note de calcul
	Contrôle d'exécution	Procès-verbal des essais contrôle des travaux
Protection contre les courants vagabonds	Mises à terre des structures	Selon directives CFF Contrôles d'exécution
Protection anticorrosion de l'armature	Enrobage de l'armature, Nouveaux murs de guidage : c = 55 mm Nouveaux pieux : c = 75 mm SIA 262, tab. 17 et SIA 267	
Imperméabilité du béton	Étanchéité avec protection d'étanchéité, types de béton	Concept de mesures Programme de contrôle Contrôles d'exécution
Portance du sol en service	Contrôle qualité terrain	Vérification par géotechnicien
Aspect de la surface en béton	Protection contre les graffitis / béton apparent le cas échéant, séparément pour chaque composant. Utilisation du produit « PSS 20 » ou équivalent	Renouvellement de la peinture de protection anti-graffitis à intervalles réguliers, selon les spécifications fournisseur.

Tableau 21: exigences et mesures de garantie de la durabilité

9. Risques acceptés

Les risques acceptés sont documentés dans la convention d'utilisation [1].

10. Signatures

33 Phase de procédure d'autorisation / projet de mise à l'enquête

Pilote du consortium InfraW		**Auteur du projet**	
Entreprise :	ATB SA	Entreprise :	ATB SA
Nom :	Christian Simonin	Nom :	Robin Parent
Date :	28.09.2026	Date :	28.09.2026
Signature :		Signature :	
……..		……..	