Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

CSD INGÉNIEURS SA
Rte Jo-Siffert 4
CH-1701 Fribourg
+41 26 460 74 74
fribourg@csd.ch
www.csd.ch

CSD INGENIEURS
INGÉNIEUX PAR NATURE

Commune de Missy (VD)

Revitalisation de la petite Glâne – Ouvrages d'art



Pont Missy 5.1 (Missy - VD)

ASSOCIATION INTERCOMMUNALE
POUR LA REVITALISATION
DE LA PETITE GLÂNE
AIRPG

Base de projet

Indice	Date	Rédigé par	Vérification	Phase	Modifications
-	15.10.2026	AAF	JDE	33 Mise à l'enquête	-

Givisiez, le 15.10.2026 / FCH000578.04

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

CSD INGENIEURS
INGÉNIEUX PAR NATURE

Table des matières

1 Généralités 1

1.1 Contenu et objectif de la base du projet 1

2 Concept de l'ouvrage 1

2.1 Concept de la nouvelle structure 1

2.2 Equipements 2

2.3 Détails constructifs particuliers 2

2.4 Procédés d'exécution 3

3 Investigations préalables et sondages 3

3.1 Sondages des sols 3

3.1.1 Description du terrain de fondation : 3

3.1.2 Contexte hydrogéologique 3

4 Actions 4

4.1 Actions permanentes 4

4.2 Actions variables / Trafic routier 4

4.3 Autres actions 5

5 Sécurité structurale, aptitude au service et durabilité 5

5.1 Sécurité structurale 5

5.2 Situations de risque particulières 6

5.3 Aptitude au service / Durabilité 6

5.4 Aptitude au service / Aspect 7

5.5 Matériaux de construction 7

6 Bibliographie 9

6.1.1 Normes SIA 9

6.1.2 Normes VSS 9

6.1.3 Directives et autres 9

6.1.4 Bases spécifiques relatives au projet 10

7 Signatures 11

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

Liste des tableaux

Tableau 1 : Suivi piézométrique (piézomètre au droit du pont de Missy). 3
Tableau 2 : Actions permanentes 4
Tableau 3: Actions variables sur le pont 4
Tableau 4: Autres actions agissantes sur le pont 5
Tableau 5: Situations de risques particulières et mesures prévues 6
Tableau 6: Aptitude au service, exigences durabilité et mesures prévues. 6
Tableau 7: Aptitude au service, exigences aspects et mesures prévues. 7
Tableau 8: Caractéristiques des matériaux de construction – béton 7
Tableau 9: Propriétés des matériaux de construction - armature passive 7

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

PRÉAMBULE

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- Le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- Les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- Sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne seraient pas remplies, CSD déclinera toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

1 Généralités

1.1 Contenu et objectif de la base du projet

Le présent document explique comment le mandataire comprend la demande du maître d'ouvrage. Elle décrit les choix faits pour la structure et présente l'analyse utilisée pour vérifier que l'ouvrage sera sûr et fonctionnera correctement.

La convention d'utilisation du 15 octobre 2026 constitue la base du présent document.

Ouvrage de classe I selon la norme SIA 261.

La durée d'utilisation prévue des éléments de l'ouvrage est de :

- Voir point 1.6 de la convention d'utilisation.

2 Concept de l'ouvrage

2.1 Concept de la nouvelle structure

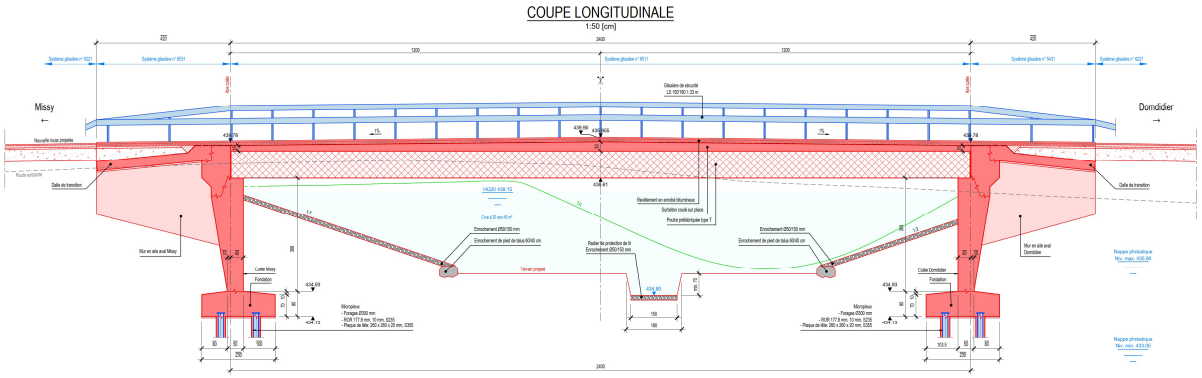


Figure 1 : Coupe longitudinale de la nouvelle structure

Cadre monolithique en béton armé.

– Tablier :
  - Portée : 24 m ;
  - Largeur utile : min. 4,60 m (5,60 m à l'extérieur des bordures) ;
  - 5 poutres préfabriquées, type T ;
  - Épaisseur du surbéton variable entre 18 cm au droit des culées et 30 cm au milieu du pont ;
  - Pente transversale de 1,50% avec le point bas à l'aval du cours d'eau ;
  - Pente longitudinale : 1.0% avec le point haut au milieu du pont ;
  - Bordure en béton armé coulé sur place, largeur 50 cm avec dispositif de retenue.
– Culées :
  - Murs : longueur : 5,40 m ; hauteur : 3,60 m ;
  - Semelle : largeur : 2,30 m ; longueur : 7.00m ;
  - Murs d'ailes : épaisseur 30 cm.

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

- Micropieux :
  - Longueur : 10,0 m ;
  - Nombre de micropieux : 9 par fondation ;
  - Micropieux forés tubés de diamètre de forage 300 mm injection de type IGU ;
  - Tubes ROR S235 de 177.8 mm diamètre, 10 mm d'épaisseur ;
  - Plaques de tête de dimension 260x260x20 mm en acier S355.

2.2 Equipements

- Système d'étanchéité-revêtement sur la dalle (partie route) :
  - Grenaillage de la surface ;
  - Vitrification époxy (bicouche) ;
  - Étanchéité LBP, ép. 5 mm ;
  - Couche de base/protection d'imperméabilisation MA 11 Pmb S 35 mm ;
  - Couche de liaison AC B 11 N 35 mm ;
  - Couche de roulement AC 8 N 30mm ;
  - Épaisseur totale du système : 110 mm.
- Transition pont-route :
  - Dalle de transition coulée sur place avec pente de 10%.
- Dispositif de retenue, des deux côtés du pont

2.3 Détails constructifs particuliers

- Transition dalle-route sans joints de dilation ;
- Structure porteuse sans joints de dilatation ;
- Dalle de transition avec une pente de 10% ;
- Dispositif de retenue ;
- Perré de protection de fondations et murs d'aile en cas de crue.

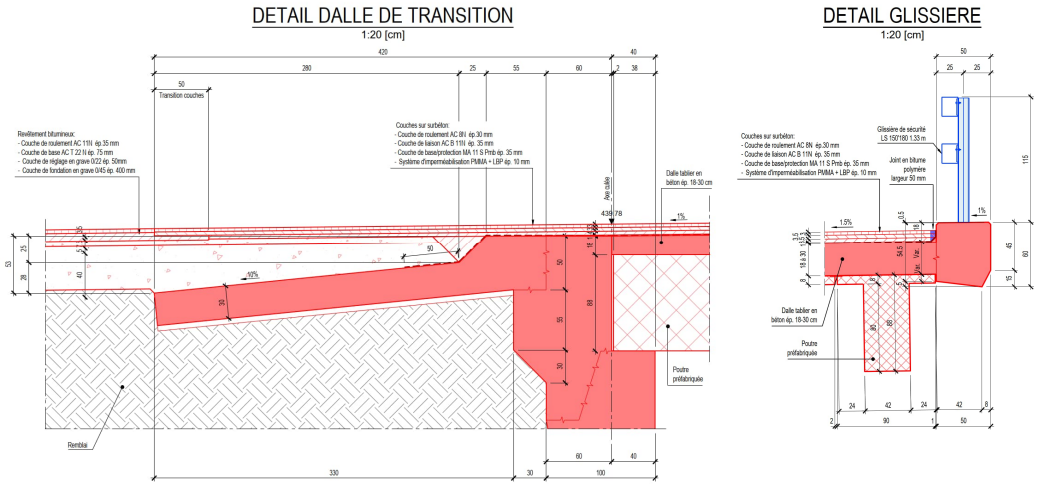


Figure 2 : Détails de dalle de transition et bordure/glissière.

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

2.4 Procédés d'exécution

1. Gestion des eaux de chantier/travaux dans le cours d'eau ;
2. Démolition du tablier en béton armé existant par sciage et levage ;
3. Démolition des culées en béton armé existantes y.c. les semelles de fondations ;
4. Exécution des micropieux forés tubés avec coulis ciment ;
5. Travaux de terrassement ;
6. Construction des culées, par ordre ;
7. Mise en place des poutres ;
8. Exécution du surbéton et clavage du tablier et culées ;
9. Remblayage et compactage derrière les culées ;
10. Exécution de murs d'aile et bordures ;
11. Installation du dispositif de retenue ;
12. Réalisation de l'étanchéité et revêtements sur le tablier ;
13. Exploitation en phase définitive.

Un phasage de chantier, ainsi que la durée de réalisation par étapes, est établie dans le rapport technique.

3 Investigations préalables et sondages

3.1 Sondages des sols

3.1.1 Description du terrain de fondation :

Le projet se base sur le rapport géologique et géotechnique préliminaire établi par le bureau Aquageo [36] et sur les essais CPT exécutés par Geoprofile [37] du côté aval de l'ouvrage. Ces essais vont jusqu'à - 20 m (depuis le niveau de la route) et montrent la composition suivante :

- Argile moyen ferme, peu limoneux, jusqu'à -2.80 m ;
- Sable limoneux, moyen dense jusqu'à minimum -20m (fin de l'essai CPT).

3.1.2 Contexte hydrogéologique

Selon le rapport géotechnique AQUAGEO [36] le projet se trouve dans un secteur Au de protection des eaux (nappes d'eau souterraines exploitables), des mesures de protection des eaux sont à prévoir dans le voisinage du pont. Afin d'évaluer au mieux les niveaux d'eau et leurs éventuelles variations, des piézomètres ont été mis en place au droit de l'ouvrage.

Les valeurs maximales et minimales du suivi piézométrique sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Suivi piézométrique, sondage F6 (piézomètre à 600m du pont de Missy).

Date	Niveau d'eau mesuré [m]	Remarques
28.05.2021	436.01	Météo pluvieuse depuis plusieurs jours
18.10.2023	433.03	Minimum observé eaux très basses

Le niveau du débit de crue est indiqué sur le plan FCH000578.04-33-06_Coupes et détails du pont. Une revanche de 40 cm a été prise en compte par rapport au débit Q20 du cours d'eau.

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

4 Actions

4.1 Actions permanentes

- Les valeurs caractéristiques sont indiquées selon la norme SIA 261 ;
- Ces valeurs sont indicatives et devront être adaptées, si nécessaire, en fonction de l'évolution du projet.

Tableau 2 : Actions permanentes

Action	Caractéristiques	Gk (kN/m2)
Poids propre de la structure porteuse	γ'=25 kN/m^3	
Surcharges sur la dalle-tablier	Etanchéité-revêtement γ'=24 kN/m^3 Route : d=110 mm	2.64 kN/m^2
Poussées des terres contre les murs des culées Remblai avec matériaux d'excavation et avec grave 0/45 soigneusement compactée comme couche de fondation	γ'=20 kN/m^2 $\varphi = 30^{\circ}$ c=0	

4.2 Actions variables / Trafic routier

Tableau 3: Actions variables sur le pont

Action	Caractéristiques	Q_k (kN) q_k (kN/m2)
Trafic routier (ouvrage en service)	Modèle 1, selon SIA 261 chap.10 sur toute la largeur de la chaussée	
	1 voie fictive	300 kN 9.0 kN/m^2
	surface restante	2.5 kN/m^2
	facteur de réduction α ouvrage en service ouvrage en construction	 0.9 0.9
Poussée des terres due au trafic routier	Modèle 1, Selon la SIA 261, chap. 10	19kN/m^2
Transport exceptionnels	Pas de transport exceptionnel	

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

4.3 Autres actions

Tableau 4: Autres actions agissantes sur le pont

Action	Caractéristique
Séisme	Zone sismique Z1b, agd = 0.8 m/s Classe de sol de fondation : classe D Classe d'ouvrage : CO I
Neige	Négligeable par rapport aux autres actions
Vent	qk1= 1.24 kN/m2 (h = 1.35 m) qk3 = -0.6 kN/m2 et qk3 = 0.26 kN/m^2 Q= 2.27 kN
Température – Variation uniforme	ΔT1,k = ±20 ºC (pont) αT = 10 x 10-6 /°C (béton)
Température – Variation linéaire	Entre la face la plus chaude et la face la plus froide ΔT2,k = +12 ºC (face la plus chaude) ΔT2,k = -4 ºC (face la plus froide)
Forces dues au démarrage et au freinage	QAk= 270 kN Force horizontale au niveau de la chaussée à l'axe de la voie de circulation fictive 1
Forces transversales / centrifuges	Négligeables
Choc	$Q_{frontale}$ = 1000 kN $Q_{latérale}$ = 500 kN
Tassement fondation	Max. admissible : 10 mm
Tassement micropieux	Max. admissible : 10 mm
Charges de chantier	3.0 kN/m^2 (y compris personnel)
Compactage de la grave	qck = 10 kN/m^2 contre les culées

5 Sécurité structurale, aptitude au service et durabilité

5.1 Sécurité structurale

La sécurité structurale est vérifiée conformément aux normes SIA 260, 261, 262, 265 et 267.

Les facteurs des charges pris en compte pour les vérifications :

- Selon la SIA 260 /Tableaux 1 et 6

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

5.2 Situations de risque particulières

Tableau 5: Situations de risques particulières et mesures prévues

Situation de risque	A prendre en compte lors de la vérification de la sécurité structurale	Mesures prévues
Remblayage contre les murs des culées	En phase de construction, les murs ne sont pas appuyés en tête contre la dalle	Dimensionnement qui prend ceci en compte. Fixer le niveau de remblayage provisoire max.
Crues de la Petite Glâne	Protection de l'assise des fondations des culées contre les affouillements potentiels	Dimensionnement des micropieux jusqu'à la couche de sol ferme à très ferme.
Séisme	Comportement non ductile de la structure porteuse.	Ouvrage monolithique sans joints de dilatation Vérification de la sécurité structurale en cas d'accident (séisme) Vérification de la résistance des micropieux au flambage et à l'effort tranchant

5.3 Aptitude au service / Durabilité

Tableau 6: Aptitude au service, exigences durabilité et mesures prévues.

Objet	Exigences	Mesures prévues
Etanchéité du tablier	Protection du béton du tablier	Vitrification Epoxy / Etanchéité LBP
Limitation de la fissuration du béton coulé sur place	Ouverture maximale des fissures dans le béton : 0.5 mm Ouverture maximale des fissures dans le béton des bordures : 0.2 mm	Cure soignée du béton / Dimensionnement de l'armature minimale selon SIA 262, art. 4.4.2 Exigences accrues Résistance exigée du béton : o dalle-tablier (surbéton), avant passage trafic routier : fc = 37 N/mm^2 o murs culés, avant remblayage : fc= 25 N/mm^2 (fc = résistance moyenne mesurée sur cubes ou avec scléromètre) Exigences pour limiter l'ouverture de fissures sur les bordures élevées
Béton armé / durabilité	Protection contre les effets de l'eau et du gel Protection de l'armature contre la corrosion	Types de bétons appropriés Enrobage de l'armature : o Pour acier de précontrainte : 100 mm o Bordures extérieures : 50 mm
Poutres préfabriquées	Limitations des flèches selon SIA 260	Etat limite aspect o Cas de charge quasi-permanent : w ≤ l/700 Etat limite confort : Cas de charge fréquent (trafic, modèle de charge 1) : w ≤ l/500
Micropieux	Résistance suffisante à la corrosion	Utiliser type de protection à la corrosion approprié
	Résistance à la pression de la nappe	Utiliser un coulis assez dense afin d'empêcher les remontés d'eau.
Dalle de transition	Limitations des tassements	Compactage des matériaux de remblai par couche de 50 cm. Essais de plaque sur couche de fondation en grave compactée (exigence Me = 100 MN/m^2)

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

5.4 Aptitude au service / Aspect

Tableau 7: Aptitude au service, exigences aspects et mesures prévues.

Surface/Coffrage	Mesures prévues
Faces visibles des culées et des murs d'ailes	Type 2.1
Faces enterrées non visibles	Type 1
Bordures	Type 2.1

5.5 Matériaux de construction

Tableau 8: Caractéristiques des matériaux de construction – béton

Eléments	Caractéristiques
Micropieux	Béton type : NPK L (P4) Rapport eau/ciment : E/C< 0.6 Classe de résistance à la compression : C30/37 Classes d'exposition : XC1, XD2a, XA2s Classe de teneur en chlorure : Cl < 0.2 Classe de consistance : Affaissement S5 D_{max}=1/6 du diamètre intérieur du tube plongeur ou du tube d'alimentation du béton Dosage minimal en ciment : 375kg/m^3 Sans adjonction d'entraineur d'air /Résistant RAG élevé RC-C25 - granulats de béton recyclé entre 25% et 50% de la masse total de granulats
Fondations Culées Surbéton tablier Murs d'aile Dalles de transition	Béton type : NPK F (T3) Rapport eau/ciment : E/C ≤ 0.45 Classe de résistance à la compression : C30/37 Classes d'exposition : XC4, XD3, XF2, XA2s Classe de teneur en chlorure : Cl ≤ 0.20 Classe de consistance : Affaissement S3 Dimension maximale des granulats : D_{max} 32mm Dosage minimal en ciment : 320kg/m3 Sans adjonction d'entraineur d'air /Résistant RAG élevé
Poutres (Préfabriquées)	Béton préfabriqué Classe de résistance à la compression : C50/60 Classes d'exposition : XC4, XD3 Classe de teneur en chlorure : Cl < 0.10 Dimension maximale des granulats : D_{max} 16mm
Bordures	Béton type : NPK G (T4) Rapport eau/ciment : E/C ≤ 0.45 Classe de résistance à la compression : C30/37 Classes d'exposition XC2, XC4, XD3, XF4 Classe de teneur en chlorure : Cl ≤ 0.20 Classe de consistance : Affaissement S3 Dimension maximale des granulats : D_{max}=16mm Dosage minimal en ciment : 320kg/m^3 Sans adjonction d'entraineur d'air / Résistant RAG élevé

*Eléments en béton armé avec Ciment CEM II A – LL / Eléments en précontrainte avec ciment CEM I 52.5

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

Tableau 9: Propriétés des matériaux de construction - armature passive

Acier d'armature	Désignation
Barres d'armature passive	B500 B
Acier d'armatures de précontrainte pré-tension (fils adhérent)	Y1860S7 Torons adhérents A_p= 150 mm^2
Micropieux	Tubes ROR 177.8/25 S235
Tête de micropieux	260x260x20 S355

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

6 Bibliographie

6.1.1 Normes SIA

[1] SIA 260 - Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses, 2013 ;
[2] SIA 261 - Actions sur les structures porteuses, 2020 ;
[3] SIA 261/1 - Actions sur les structures porteuses – spécifications complémentaires, 2020 ;
[4] SIA 262 - Construction en béton, 2013 ;
[5] SIA 262/1 - Construction en béton - spécifications complémentaires, 2019 ;
[6] SIA 262.051 - Béton – Spécification, performances, production et conformité, 2021 ;
[7] SIA 262.520 - Règles communes pour les produits préfabriqué en béton, 2018 ;
[8] SIA 118/262 - Conditions générales relatives aux constructions en béton, 2018 ;
[9] SIA 267 - Géotechnique, 2013 ;
[10] SIA 267/1 - Géotechnique – spécifications complémentaires, 2013 ;
[11] SIA 270 - Etanchéité et évacuations des eaux - Bases générales et délimitations, 2014 ;
[12] SIA 272 - Etanchéités et drainages d'ouvrages enterrés et souterrains, 2009 ;
[13] SIA 431 - Evacuation et traitement des eaux de chantier, 2022 ;
[14] SIA 469 - Conservation des ouvrages, 1997 ;
[15] SIA 2042 - Prévention des désordres dus à la RAG dans les ouvrages en béton, Cahier technique, 2022 ;

6.1.2 Normes VSS

[16] 40 120 - Tracé, Dévers, variation du dévers
[17] 40 340a - Evacuation des eaux de chaussée - Bases, 2003 ;
[18] 40 324 - Dimensionnement de la structure des chaussées – Sol de fondation et chaussée, 2011 ;
[19] 40 430b - Enrobés bitumineux compactés - Conception, exécution et exigences, 2008 ;
[20] 40 440c - Asphalte coulé routier - Conception, exécution et exigences, 2008 ;
[21] 40 450a - Systèmes d'étanchéité et couches bitumineuses sur ponts en béton, 2009 ;
[22] 40 561 - Sécurité passive dans l'espace routier – Dispositifs de retenue des véhicules, 2016.

6.1.3 Directives et autres

[23] EUROCODE 2 (NF EN 1992-1-1), Calculs des structures en béton, 2005 ;
[24] ASTRA 22001, Manuel technique des ouvrages d'art, 2021 ;
[25] OFROU 11'005, Dispositifs de retenue de véhicules, 2013 ;
[26] OFROU 12'004, Détail de construction des ponts, 2020 ;
[27] OFROU 12'008, Choc provenant de véhicules routiers, 2025 ;
[28] OFROU 82013, La réaction alcalis-granulats (RAG), 2007 ;
[29] OFEV, Valorisation des déchets de chantier minéraux, 2006 ;
[30] OFEV, Protection de l'air sur les chantiers, 2016 ;
[31] OFEV, Bruit des chantiers, 2006 ;
[32] DGMR, Chapitre VRT-2 – Construction routière
[33] DGMR, Chapitre VRT-5, Ouvrages, 2021.

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

6.1.4 Bases spécifiques relatives au projet

- Documents

[34] Revitalisation de la petite Glâne, Triform, - Rapport technique, Mars 2020 ;
[35] Revitalisation de la petite Glâne, Triform- Complément au Rapport technique de Mars 2020, Janvier 2021 ;
[36] Rapport d'inspection, CSD Ingénieurs sa - Pont AF de Missy, 14.10.2021 ;
[37] Étude géologique et géotechnique préliminaire, Aquageo, Juillet 2021 ;
[38] Essais au pénétromètre statique - Revitalisation de la Petite Glâne - Ouvrage d'art Missy (VD) ;
[39] Convention d'utilisation, CSD Ingénieurs – Pont Missy 5.1 ;
[40] Rapport technique de l'ingénieur, CSD Ingénieurs – Pont Missy 5.1 ;
[41] Note de calcul structure, CSD Ingénieurs – Pont Marais Missy 5.1 ;
[42] Note de calcul géotechnique, CSD Ingénieurs – Pont Missy 5.1.

- Plans de base

[43] FCH000578.02-33-01_Implantation ;
[44] FCH000578.02-33-02_Profil en long ;
[45] FCH000578.02-33-03_Profil en travers ;
[46] FCH000578.02-33-04_Profils types ;
[47] FCH000578.02-33-05_Situations culées et murs d'aile ;
[48] FCH000578.02-33-06_Coupes et détails du pont ;
[49] FCH000578.02-33-07_Evacuation des eaux et réseaux ;
[50] FCH000578.02-33-08_Plan d'emprises ;
[51] FCH000578.02-33-09_Signalisation, marquage et visibilités.

Docusign Envelope ID: F3CB7CD9-0E29-88F4-8068-8AA255008596

7 Signatures

33 Phase de mise à l'enquête

Auteur du projet :

CSD Ingénieurs SA
Rte Jo-Siffert 4
CH-1701 Fribourg

Signé par :
Nicolas Dubau
13CD4D7182DC46B...

……

pp. Nicolas Dubau

Signé par :
Julien Tiquet
FFECDC9A2702473...

……

e.r. Julien Tiquet