



Team CONSTANCE

□ dsp Ingenieure + Planer AG
Zürichstrasse 4
8610 Uster

■ Spataro Petoud Partner SA
Via Centrale 13
6500 Bellinzona
□ Feddersen & Klostermann
Neumarkt 6
8610 Uster

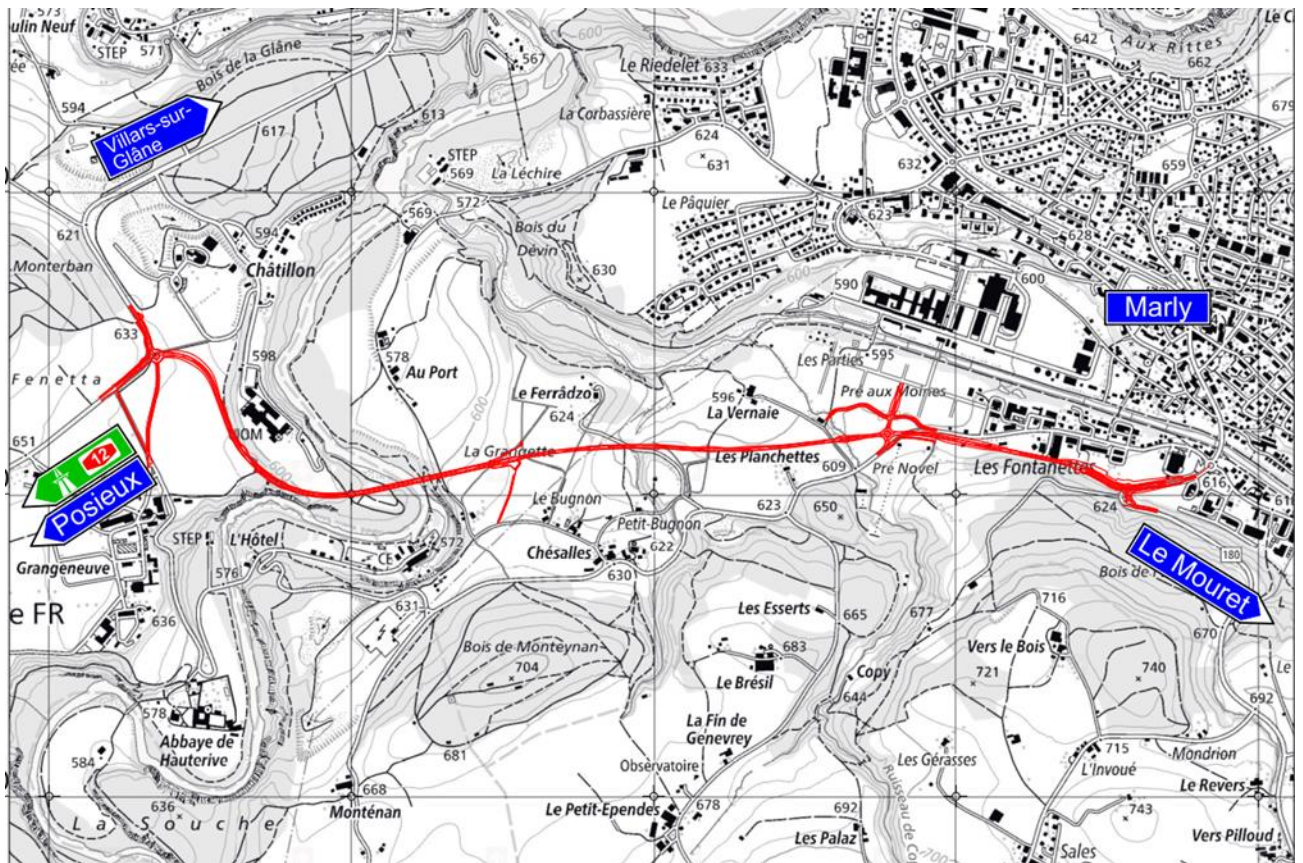
608f du 29.6.2018

Fribourg, le 4 décembre 2020

Rapport technique, 33: Procédure de demande d'autorisation

Axe 1250 Marly-Matran, PR 0 à 350

Marly et Hauterive, Nouvelle liaison routière Marly-Matran, Pont de Chésalles
PCAM 10712



Maitre d'ouvrage: Etat de Fribourg, représenté par le service des ponts et chaussées

Auteur du projet: Team CONSTANCE c.o. dsp Ingenieure und Planer AG, 8610 Uster

USTER, LE 4 DECEMBRE 2020 L'AUTEUR DU PROJET :

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Objectif du projet	1
1.2	Données de base et contraintes	1
2.	Pont de Chésalles	3
2.1	Concept général	3
2.2	Tablier	3
2.3	Culées	4
2.4	Piles	5
2.5	Fondations	5
2.6	Étanchéité et revêtement	6
2.7	Jonction pont - route	6
2.8	Évacuation des eaux et conduites de service	6
2.9	Matériaux	7
2.10	Prévention du suicide	7
3.	Réalisation des travaux	9
4.	Devis estimatif	10
5.	Défrichements et reboisement	10
6.	Acquisition de terrain	10
7.	Environnement	10
8.	Signatures	11

1. Introduction

1.1 Objectif du projet

Le Service des ponts et chaussées du canton de Fribourg projette de créer une nouvelle liaison routière pour diminuer le volume de trafic à l'entrée sud-est de la ville de Fribourg (côté Marly). L'objectif principal de ce nouvel axe routier est de donner la possibilité aux usagers d'atteindre la jonction autoroutière de Matran sans devoir traverser la ville de Fribourg. Le nouveau pont, faisant partie de cette liaison, franchit le vallon de Chésalles, le ruisseau du même nom et la route du Ferrâdzo.

Un concours de projets a été choisi par le maître d'ouvrage pour la conception de ce nouveau pont. Les limites du périmètre du concours sont définies par les profils en travers 1+500.00 et 1+900.00.

La conception du Pont de Chésalles est exigeante tant d'un point de vue technique qu'esthétique:

- L'ouvrage d'art est situé dans un paysage agricole, avec peu de constructions et à peu de distance de la Sarine où est prévue la construction d'un nouveau pont. L'intégration du pont dans ce paysage est donc très exigeante.
- Le futur pont enjambera le ruisseau de Chésalles pour lequel une limite de construction de 25 m doit être respectée. Il n'est donc pas possible de réaliser une pile de pont dans ces limites.
- Une ligne à haute tension de 220 kV coupe l'axe du projet du pont. Étant donné que cette ligne ne peut pas être déplacée et le courant électrique ne pourra jamais être interrompu, une méthode de construction rationnelle qui permette de conserver la ligne aérienne à son emplacement actuel tout en assurant une sécurité totale au moment des travaux doit être prévue.
- En raison du tracé fourni, au droit de la culée est la nouvelle route est parallèle et très proche de la route du Ferrâdzo. Une attention particulière doit donc être apportée à l'intégration des aménagements et de la culée.

1.2 Données de base et contraintes

1.2.1 Bases générales

Normes

Les normes, recommandations et documentations de la SIA et de la VSS sont valables, en particulier:

- SIA 260 (2013) Bases pour l'élaboration des projets des structures porteuses
- SIA 261 (2020) Actions sur les structures porteuses
- SIA 261/1 (2003) Actions sur les structures porteuses – Spécifications complémentaires
- SIA 262 (2013) Construction en béton
- SIA 262/1 (2019) Construction en béton – Spécifications complémentaires
- SIA 267 (2013) Géotechnique
- SIA 267/1 (2013) Géotechnique – Spécifications complémentaires
- SN EN 206+A1 (2016) Béton - Spécification, performances, production et conformité

Instructions et directives

Les suivantes instructions et directive du canton Fribourg et de l'OFROU sont valables :

- Instruction 597f Profils géométriques types pour projets routiers, SPC, 22.08.2014
- Directive 110f Page de titre des plans, SPC, 20.01.2014
- Plan types SPC-CAN 1.1 Chambres placées dans l'accotement, SPC, 21.03.2014
- Manuel technique Ouvrages d'art, OFROU, 2020
- Directive Détails de construction de ponts, OFROU, 2020
- Directive Dispositions pour garantir la durabilité des câbles de précontrainte dans les ouvrages d'art, OFROU, 2007
- Directive Dispositifs de retenue de véhicules, OFROU, 2013
- Directive Choc provenant de véhicules routiers, OFROU, 2005, V1.11 (Correctifs C1, 2020)
- Liste des systèmes de précontrainte conformes aux normes techniques, OFROU, 2010

1.2.2 Bases spécifiques de l'objet

Données de bases concours pont de Chésalles

- Règlement du concours, 04.06.19
- Annexe A1: Situation générale, 02.05.19
- Annexe A2: Situation, 02.05.19
- Annexe A3: Profil en long, 02.05.19
- Annexe A4: Construction routière / Profils types pont et hors pont, 27.07.17
- Annexe A5: Route du Ferrâdzo - Gabarit de passage, 02.05.19
- Annexe A6: Évacuation des eaux de chaussée, 02.05.19
- Annexe A7: Modèles 3D (version C)
- Annexe A8: Annexe A8 Cadastre général
- Annexe A10: Trafic
- Annexe A11: Etude géologique – géotechnique préliminaire (Rapport n° 2517053.3B), 27.12.18
- Annexe A12: Rapport environnemental et détermination des contraintes, Phase concours des ouvrages d'art, rapport final, 05.19
- Annexe A13: Route de contournement de Marly, Commune de Marly, Enfouissement des lignes HT, Situation, 07.02.19 (version B)
- Annexe A14: Nouvelle liaison routière Marly-Matran, Conditions de construction autour de lignes HT 60 et 220 kV, 23.01.19
- Concours du Pont de Chésalles – Marly-Matran: Questions – réponses aux concurrents, 11.07.19
- Concours du Pont de Chésalles, Rapport du jury, 04.03.20

Optimisation et adaptation du projet

- Nouveau tracé :IR-HV-Axe-Marly-Matran-axe définitif_200622.pdf

Complément au rapport géotechnique

- Etude géologique – géotechnique préliminaire (Rapport n° 2517053.3B), 12.11.20

2. Pont de Chésalles

2.1 Concept général

Le concept de la structure choisi est le résultat d'une analyse intensive des données et particularités du lieu sur la base des nombreuses contraintes et exigences et des objectifs de conception. Le concept de la structure et la configuration esthétique constituent par conséquent une entité.

L'ouvrage s'intègre harmonieusement dans le paysage. Premièrement, la position de la culée côté Marly est ajustée par un biais avec un déplacement d'environ 3 m vers le nord du tracé ce qui rend le volume de la culée plus petit et permet de renoncer à des murs de soutènement le long de la route du Ferrâdzo.

Ensuite, le choix de grandes portées donne au projet un aspect généreux et transparent. Il permet de placer chacune des piles à un endroit idéal. Leur implantation dans le terrain souligne leur position en se distançant de la route du Ferrâdzo avec son remblai artificiel au travers de la vallée.

Le système structurel est un pont flottant. Les culées, munies d'appuis mobiles, sont fondées en surface alors que les piliers sont fondés chacun sur quatre pieux de grand diamètre. Les piliers ont un léger fruit dans le sens longitudinal qui leur donne une certaine élégance. Avec ses ailes larges la poutre-caisson est bien proportionnée. Le tablier est coulé en quatre étapes correspondantes aux quatre travées. La précontrainte est disposée d'une façon telle qu'un câble par âme traverse chaque joint de bétonnage sans couplage.

Le concept est tout à fait classique et satisfaisant dans tous ses aspects constructifs, garantissant une mise en œuvre appropriée.

2.2 Tablier

Le tablier est conçu comme un pont-poutre à 4 travées de 45.50 m, 2 x 56.00 m et 45.50 m avec une longueur totale de 203.00 m. Il présente une hauteur constante dans l'axe du pont de 2.40 m. La hauteur libre à l'intérieur du caisson est en général de 1.89 m et au minimum de 1.64 m, ce qui le rend bien accessible. La largeur du caisson est de 4.80 m au niveau du joint au tablier et de 4.45 m au niveau inférieur du caisson, avec des porte-à-faux de la dalle de roulement des deux côtés de 3.00 m (sans parapet).

Le profil type comprend deux voies de circulation de 3.50 m. Avec les accotements latéraux de 1.90 m il en résulte une largeur totale de 10.80 m. Les bordures du pont sont prévues comme parapet de sécurité d'une hauteur intérieure de 1.15 m.

Le tablier est précontraint avec des câbles disposés de façon conventionnelle dans les âmes du caisson. L'épaisseur des âmes se monte à 60 cm et permet la disposition en parallèle de deux câbles (diamètre externe des gaines = 13 cm). La précontrainte est conçue de telle manière à ce que la section ne soit pas fissurée pendant la phase de construction et qu'il n'y ait pas de contraintes de traction à l'état final sous charges permanentes. Dans les zones de couplage des câbles, 2 câbles sont continus et 6 câbles sont ancrés et couplés.

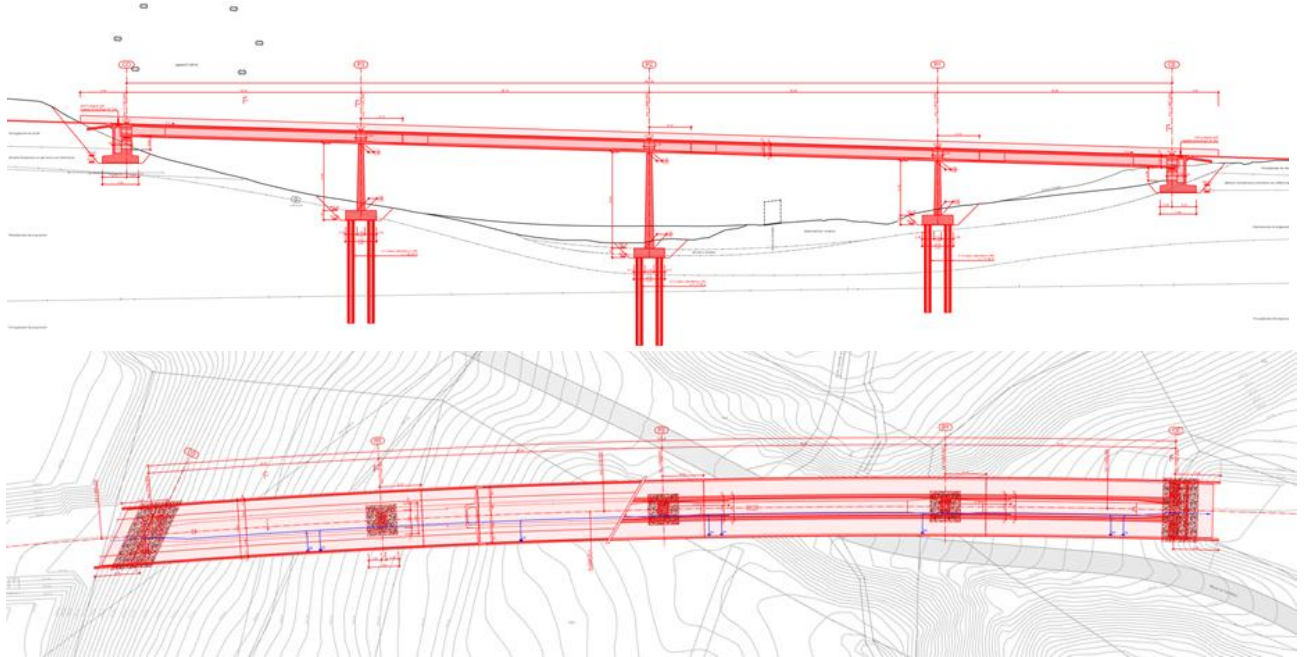


Figure 1 : Coupe longitudinale et situation du pont

Des avaloirs d'évacuation sont positionnés tous les 40 m. Le collecteur longitudinal (DN 250) est prévu à l'intérieur du caisson du tablier et équipé d'un double manteau pour exclure tous contact d'eau contenant des sels de déverglaçage avec la structure porteuse.

Les conduites industrielles prévues (3 conduites PE150 + 3 conduites de réserve PE150) sont également situées à l'intérieur du caisson.

2.3 Culées

Les culées sont prévues avec chambre de visite pour le contrôle et l'entretien des appareils d'appuis et des joints de chaussées. Les dalles de transition placées derrière les culées permettent de garantir la continuité géométrique de la chaussée en minimisant les tassements différentiels.

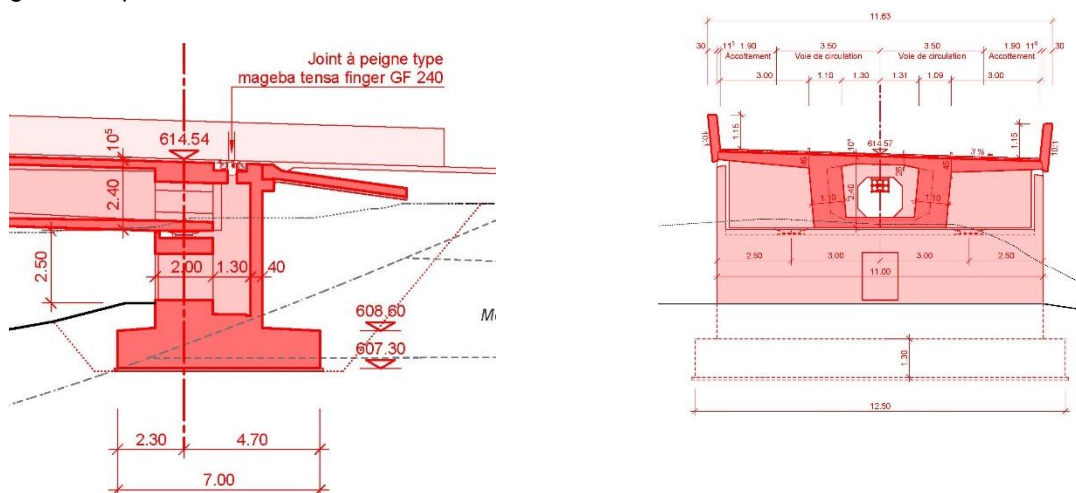


Figure 2: Coupe longitudinale et transversale de la culée est

2.4 Piles

Les piles sont conçues en section pleine et sont liées monolithiquement au tablier. Alors que leur largeur reste constante à 3.50 m sur toute leur hauteur, elles s'élargissent dans la direction longitudinale de 1.00 m jusqu'à la base de la pile avec un fruit de 24:1.

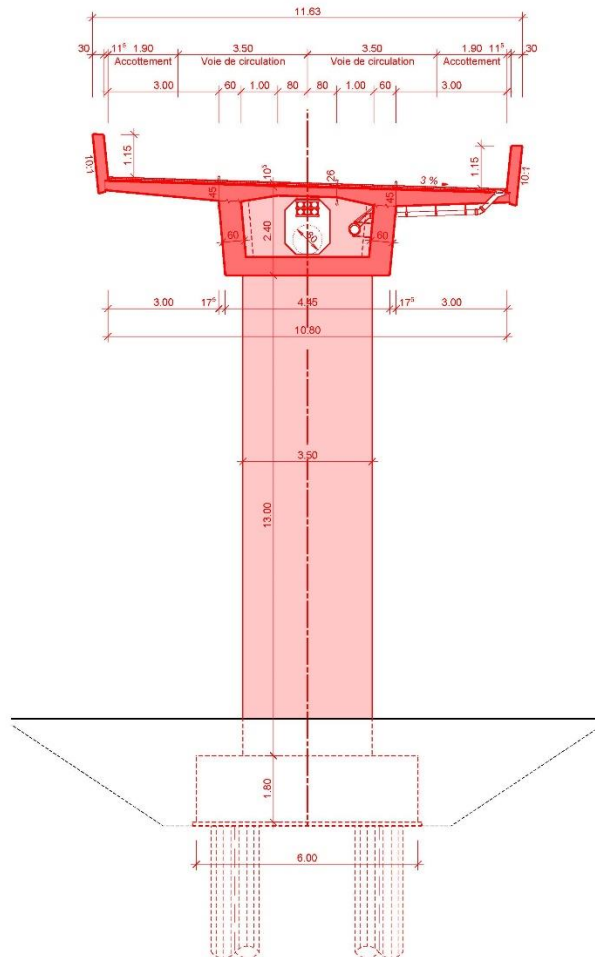


Figure 3 : Coupe transversale

2.5 Fondations

Les piles sont fondées au moyen de 4 pieux forés Ø 130 cm allant jusqu'à 20 m de profondeur dans la couche des dépôts fluvioglaciers de progression.

Les culées sont en revanche fondées superficiellement dans les couches de terrain supérieures (fluvioglaciers de retrait ou moraine). Les dimensions des semelles sont choisies afin de limiter les pressions au niveau du terrain et réduire donc le risque de tassements.

2.6 Étanchéité et revêtement

Le système d'étanchéité se compose d'un enduit d'accrochage avec vitrification sur toute la surface, composée d'un glacis saupoudré de sable siliceux et d'une seconde couche de résine époxy et d'une couche d'étanchéité LBP appliquée au chalumeau.

Pour la chaussée sur le pont le revêtement est constitué de trois couches d'asphalte coulé:

- Couche de protection MA 11 S 30 mm
- Couche de liaison MA 11 S 35 mm
- Couche de roulement MA 11 S 35 mm

2.7 Jonction pont - route

Afin de compenser les déplacements relatifs entre le pont et le corps de la chaussée, des dalles de transition sont bétonnées directement dans la continuité du tablier. Les dalles de transition seront exécutées selon le type D selon la directive « Détails de construction de ponts » de l'OFROU.

En raison de la longueur du pont, les joints de chaussée doivent être en mesure de reprendre des déplacements allant jusqu'à 24 cm (valeur de dimensionnement). Un joint à peigne est prévu. Ces joints de chaussées présentent des avantages en termes de réduction du bruit et de leur durabilité en comparaison avec des joints à plusieurs profilés compressibles.

L'évacuation des eaux des joints de chaussée se fait au moyen d'une construction séparée récoltant ces eaux dans la chambre de visite avant de les transmettre au collecteur principal.

2.8 Évacuation des eaux et conduites de service

La chaussée sur le pont a une pente transversale de 3%, la pente longitudinale sur toute la longueur du pont est de 3%. Des avaloirs d'évacuation sont positionnés tous les 40 m du côté inférieur de la chaussée. Le collecteur longitudinal (DN 250) est prévu à l'intérieur du caisson du tablier et équipé d'un double manteau pour exclure tout contact d'eau contenant des sels de déverglaçage avec la structure porteuse.

Les eaux de chaussée du pont seront amenées dans un bassin d'infiltration projeté au niveau de la culée est de l'ouvrage. Ce bassin sera équipé d'un trop-plein qui déversera les eaux excédantes dans le ruisseau de Chésalles via une canalisation gravitaire prévue le long de la route du Ferrâdzo.

Les conduites industrielles prévues (3 conduites PE150 + 3 conduites de réserve PE150) sont également situées à l'intérieur du caisson.

2.9 Matériaux

Béton

- Éléments directement exposés aux sels de déverglaçage (éclaboussures) et au gel avec classes d'exposition XC4, XD3, XF4
- Autres éléments (y.c. ceux exposés au brouillard salin) avec classes d'exposition XC4, XD1, XF2
- Fondations enterrées avec classes d'exposition XC4, XF1
- Pieux forés avec classe d'exposition XC2
- Parapets du pont avec ajout de fibres en PP et imprégnation hydrophobe classe II selon SN EN 1504-2
- Béton résistant à la réaction alcali-granulats (RAG)

Acier d'armature passive

- Classe de ductilité B

Précontrainte

- Système de protection des câbles de précontrainte de catégorie c.
- Utilisation de gaines ondulées en matière synthétique, catégorie c

Système d'étanchéité

- Enduit d'accrochage avec vitrification sur toute la surface, composée d'un glacis saupoudré de sable siliceux et d'une seconde couche de résine époxy
- Etanchéité avec lé de bitume-polymère (LBP), collé en plein

Revêtement

Revêtement avec trois couches d'asphalte coulé

- | | | |
|------------------------|---------|-------|
| – Couche de protection | MA 11 S | 30 mm |
| – Couche de liaison | MA 11 S | 35 mm |
| – Couche de roulement | MA 11 S | 35 mm |

2.10 Prévention du suicide

Lors de la construction de nouveaux ponts, il convient d'évaluer lors de la planification si des mesures constructives de prévention du suicide sont nécessaires. La procédure à appliquer pour cette évaluation est décrite dans la directive OFROU «Détail de construction de ponts», chapitre 4¹. Un diagramme permet d'évaluer la nécessité desdites mesures. Le diagramme et son utilisation dans le cadre du présent projet sont indiqués à la Figure 4 ci-après.

¹ Ce chapitre de la directive a été mis à jour en 2020, et est actuellement uniquement disponible en version allemande

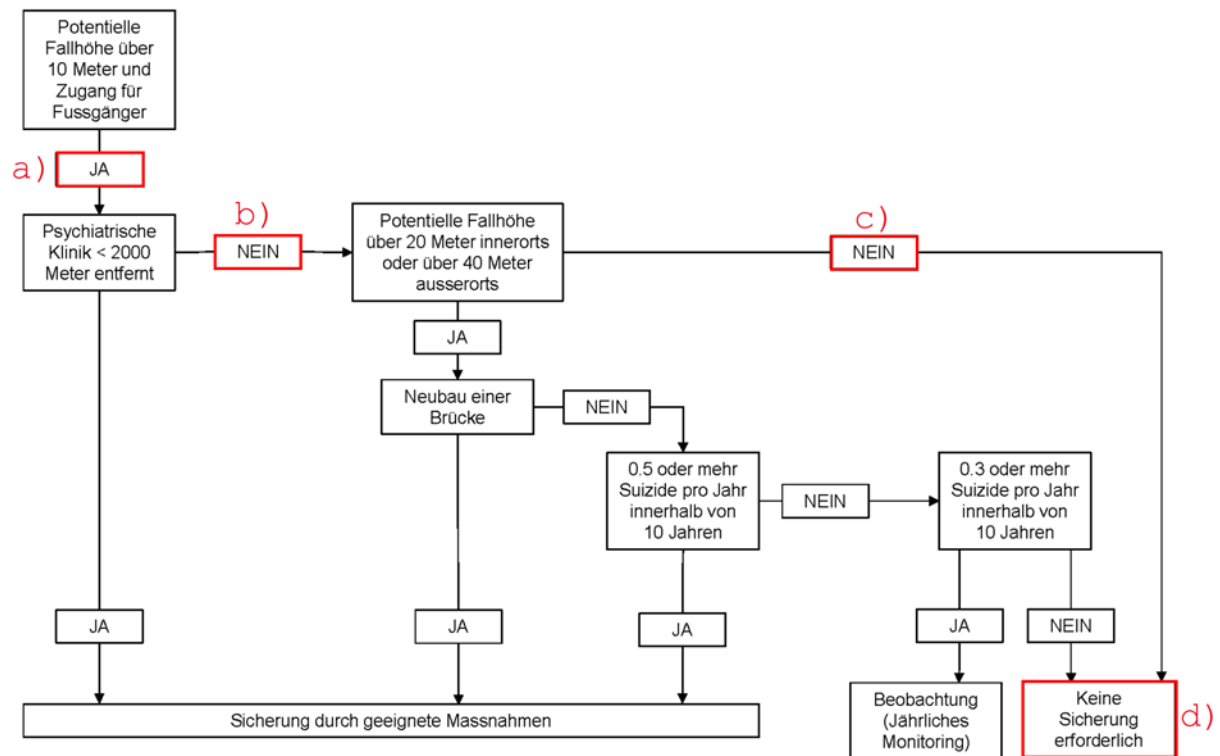


Figure 4 : Diagramme d'évaluation de la nécessité de réaliser des mesures constructives de prévention du suicide

La lecture du diagramme est la suivante :

- Le pont de Chésalles présente une hauteur de chute potentielle de plus de 10 m, et est accessible aux piétons (même sans trottoir)
- Il n'y a pas d'hôpital psychiatrique dans un rayon de 2 km autour de l'ouvrage.
- Le pont se trouve hors localité, et présente une hauteur de chute potentielle inférieure à 40 m.
- En conséquence, il n'est pas nécessaire de prévoir des mesures constructives de prévention du suicide.

3. Réalisation des travaux

Les pistes de chantier, les places d'installations ainsi que les grues nécessaires sont réalisées dans une première phase. La Route du Ferrâdzo, qui passe en travers sous le pont, peut être utilisée de manière optimale comme accès au chantier. Il faut tout de même tenir compte que le trafic (accès à une propriété) doit être maintenu pendant toute la durée des travaux. Le programme général des travaux dictera dans quelle mesure le tracé de la nouvelle route pourra être utilisé pour accéder au chantier du pont de Chésalles.

La réalisation des travaux sur le côté ouest est fortement influencée par les mesures de sécurité relatives à la présence de la ligne à haute tension aérienne. Les équipements de chantier doivent donc être prévus en conséquence. Sur ce côté pour couvrir la totalité du pont une grue à tour «topless» doit être utilisée.

Sur la base des données géologiques il est tout à fait envisageable de réaliser une fondation superficielle pour les charges moins importantes des culées. La réalisation de gros pieux forés ne serait pas possible avec un appareil de forage habituel car il entrerait en conflit avec la ligne aérienne. Des calculs détaillés des tassements devraient confirmer dans la prochaine phase du projet la proposition de fondations superficielles. Si, contrairement aux attentes, il serait nécessaire de réaliser des pieux forés cela pourrait être réalisé avec une pelle à benne preneuse.

Pieux, fondations et piles sont réalisés avec un chantier de type linéaire. La construction des piles est faite en utilisant le même coffrage.

La superstructure est réalisée depuis la culée Ouest, chaque travée constituant une étape. Bien que normalement la réalisation d'un tablier de pont se fait de bas en haut, la réalisation est prévue à partir du côté ouest. L'entrave causée par la ligne aérienne pour le montage du cintre est nettement inférieure à ce qu'elle serait pour son démontage. L'échafaudage est donc prévu avec un cintre autolanceur muni d'appuis intermédiaires de manière que sa portée ne dépasse pas 30 m. Le temps de réalisation pour une étape est estimé à 2 mois (première étape: 3 mois); donc un total de 9 mois pour le tablier.

D'après le planning provisoire des travaux, le temps total nécessaire pour la réalisation est estimé à environ 1.5 ans.

4. Devis estimatif

Coûts de construction du pont

Les coûts ne sont pas indiqués dans la présente procédure.

5. Défrichements et reboisement

Les zones de défrichement et reboisement sont représentées sur le plan no. 5002 Plan de défrichement et reboisement.

6. Acquisition de terrain

Les emprises nécessaires à la réalisation du projet sont représentées sur les plans d'emprises (pièces no. 2700 et no. 2701).

7. Environnement

Les impacts environnementaux sont décrits dans le rapport d'impact environnemental (pièce no. 5001).

8. Signatures

Mandataire

Team CONSTANCE
c/o dsp Ingenieure + Planer AG
Zürichstrasse 4
8610 Uster

Chef de projet: Raoul Spataro

Lieu et date:

Uster, 4 décembre 2020

Signature

.....

SPP19807-33-2905_Rapport_technique.docx