



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral des routes OFROU

DIRECTIVE

DETAILS DE CONSTRUCTION DE PONTS

**PARTIE 6 ÉVACUATION DES EAUX ET
CONDUITES INDUSTRIELLES**

*Édition 2025 V2.01
ASTRA 12004*

Impressum

Auteurs / groupe de travail

Dimitrios Papastergiou	OFROU N/SSI, présidence
Walter Waldis	OFROU N/SSI
Kristian Schellenberg	Equi Bridges AG, Chur
Henar Martín-Sanz	Equi Bridges AG, Chur
Marcel Imbach	Equi Bridges AG, Chur
Philippe Menétrey	INGPHI SA, Lausanne
Lionel Moreillon	INGPHI SA, Lausanne

Groupe de suivi

Jean-Marc Waeber	OFROU IW-F1/F2
Laurent Meyer	OFROU IW-EP
Bernard Crausaz	OFROU DS, BSA
Ivo Häfliger	Kt LU, GE X zentras

Traduction

Equi Bridges AG, INGPHI SA, la version originale en allemand fait foi.

Ce document est composé de plusieurs parties publiées séparément :

Partie 0	Introduction
Partie 1	Appareils d'appui
Partie 2	Joints de chaussée
Partie 3	Extrémités de ponts
Partie 4	Bordure de ponts et terre-plein central
Partie 5	Etanchéités et revêtements
Partie 6	Évacuation des eaux et conduites industrielles

Éditeur

Office fédéral des routes OFROU
Division Réseaux routiers N
Standards et sécurité de l'infrastructure SSI
3003 Berne

Diffusion

Le document est téléchargeable gratuitement sur le site www.ofrou.admin.ch.

© OFROU 2025

Reproduction à usage non commercial autorisée avec indication de la source.

Table des matières

Impressum	2
1 Introduction	5
1.1 Objectif	5
1.2 Champ d'application	5
1.3 Destinataires	5
1.4 Entrée en vigueur et modifications	5
2 Généralités	6
3 Disposition et fixation des conduites	7
3.1 Exigences de construction	7
3.2 Matériau	7
3.3 Disposition des conduites	9
3.4 Distance entre les conduites	11
3.5 Fixation des conduites	11
3.6 Points fixes (points d'ancrage)	14
3.7 Raccords (joints de tuyaux)	16
3.8 Sécurité sismique	16
4 Concept d'évacuation des eaux	18
4.1 Nécessité d'un système d'évacuation des eaux	18
4.2 Exigence en matière d'évacuation des eaux	18
4.3 Schéma du système d'évacuation des eaux	19
4.4 Réflexions conceptuelles sur les conduites d'évacuation des eaux	21
4.5 Disposition des avaloirs	23
4.6 Disposition des puits de nettoyage	27
4.7 Dimensionnement hydraulique	27
4.8 Evacuation des eaux des caissons	31
4.9 Contrôle de l'exécution et de la qualité	32
4.10 Maintenance	32
4.11 Documentation	33
5 Concept d'évacuation des eaux	34
5.1 Avaloirs	34
5.2 Cadre et grilles	35
5.3 Cuve d'écoulement	35
5.4 Conduites d'évacuation et de collecte	38
5.5 Conduite aux extrémités de pont	38
5.6 Tube fourreaux	43
5.7 Puits de nettoyage et conduites de nettoyage	43
5.8 Systèmes de caniveaux	43
5.9 Colonne de chute	46
5.10 Transition entre l'évacuation des eaux du pont et le collecteur de la route	46
5.11 Risques d'incendie et d'explosion	46
6 Lignes de télécommunication et d'électricité	48
6.1 Principes	48
6.2 Disposition dans la section transversale du pont	48
6.3 Disposition dans le béton de remplissage des trottoirs	49
7 Conduites de gaz	50
7.1 Principes	50

7.2 Disposition dans la section transversale du pont 50

7.3 Mesures de sécurité..... 51

8 Chauffage urbain et conduites d’eaux usées 52

Annexes 53

I Dimensionnement des fixations 55

II Exigences de soudage des tubes en PE 58

III Principes de base pour l’évacuation des eaux des ponts..... 63

Glossaire..... 71

Bibliographie 72

Liste des modifications 75

1 Introduction

1.1 Objectif

La partie 6 de la directive fournit les bases techniques pour l'élaboration des projets d'évacuation des eaux et les conduites industrielles des ponts.

Les bases techniques pour la disposition et la fixation des conduites sous et dans les ponts sont présentées. L'accent est mis sur la sécurité structurale, la durabilité, la sécurité du trafic ainsi que l'intégration architecturale et les coûts d'entretien.

Les systèmes d'évacuation des eaux exigent des standards élevés en termes de conception et de réalisation. Ce n'est que dans certains cas qu'il est possible de se passer d'un système d'évacuation des eaux. En outre, le document contient des indications pour la conception et la réalisation des conduites industrielles tels que les télécommunications, l'électricité, le gaz naturel, le chauffage à distance et les eaux usées.

Pour le passage de conduites à l'intérieur des ponts à caisson, des exigences particulières doivent être respectées.

1.2 Champ d'application

Le chapitre 6 de la directive ASTRA 12004 fixe les exigences et présente les dispositions constructives pour l'évacuation des eaux et les conduites industrielles des ponts autoroutiers, des passages supérieurs et inférieurs ainsi que des ponts routiers sur les routes nationales de troisième classe. La directive ASTRA 12004 s'applique aussi bien aux nouvelles constructions qu'aux travaux de réfection.

Les particularités pour les réfections de ponts sont indiquées en bleu dans le document.

Le drainage du revêtement est traité dans le chapitre 5 Etanchéités et revêtements de la directive ASTRA 12004.

Le champ d'application ne s'étend pas aux conduites de gaz naturel d'une pression supérieure à 5 bars ni aux oléoducs. Ces conduites sont régies par la loi sur les installations de transport par conduites de combustibles ou carburants liquides ou gazeux (LITC).

La présente directive n'aborde pas en détail le traitement des eaux de ruissellement des routes. La directive ASTRA 18005 et la législation sur la protection des eaux doivent être respectées.

1.3 Destinataires

Ce chapitre de la directive s'adresse aux maîtres d'ouvrage, aux ingénieurs de projet et aux entreprises qui s'occupent de la planification et de la réalisation de nouveaux ponts ou de la remise en état de ponts existants.

1.4 Entrée en vigueur et modifications

Le présent document entre en vigueur le 03.08.2023 et remplace les chapitres 6, édition révisée du 01.01.2007, et 7, édition révisée du 01.01.2005. La «liste des modifications» se trouve à la page 75.

2 Généralités

Le présent document est structuré comme suit :

Le chapitre 3 contient des prescriptions et des recommandations pour la fixation de toutes les conduites des ponts. Le paragraphe 3 s'applique aussi bien aux conduites d'évacuation des eaux qu'aux conduites industrielles.

Le chapitre 4 contient les exigences relatives à l'évacuation des eaux des ponts, nécessaires à la conception et à la planification. L'évacuation des eaux comprend toutes les mesures de construction nécessaires pour évacuer l'eau de pluie de la chaussée, des trottoirs et des bords du pont et la déverser dans le système d'évacuation des eaux de la route ou dans un exutoire.

Le chapitre 5 définit les exigences relatives aux éléments d'évacuation des eaux des ponts. Les exigences relatives aux différentes conduites industrielles sont définies dans les chapitres distincts suivants :

- Chapitre 6 : Ligne de télécommunication et d'électricité
- Chapitre 7 : Conduite de gaz de moins de 5 bars
- Chapitre 8 : Chauffage urbain et conduites d'eaux usées

Des indications sur la coordination spatiale des conduites ainsi que sur les différentes zones d'approvisionnement sont présentées dans la prénorme SIA 205 [14]. « Pose de conduites souterraines - Coordination spatiale et bases techniques ».

3 Disposition et fixation des conduites

3.1 Exigences de construction

Lors de la détermination du tracé des conduites, des exigences statiques et constructives ainsi que des mouvements et des déformations du pont doivent être prises en compte. Les conduites ne doivent pas empêcher le soulèvement de la structure, par exemple pour remplacer les appareils d'appui ou compenser les tassements. Lors de l'étude des conduites, d'éventuelles dispositions ou développements futurs de la part des entreprises de distribution devraient être prises en compte.

Tous les passages à travers les structures en béton doivent être réalisés avec des tubes fourreaux (gainés). La possibilité de régler la hauteur des conduites doit être garantie.

Aucune eau ne doit s'écouler sur des éléments de la structure qui sont remblayés.

Dans les zones d'extrémité et de joints, toutes les mesures doivent être prises pour éviter des détériorations de la structure ou des conduites à la suite de mouvements ou de sollicitations.

3.2 Matériau

3.2.1 Fixation et suspension

Le choix du type de matériau pour les fixations et les suspensions dépend principalement de l'exposition aux conditions environnementales. Tous les éléments en acier doivent être protégés contre la corrosion par un choix de matériau ou un revêtement approprié, conformément à la norme SN EN ISO 12944.

Les conduites situées à l'intrados des ponts sont en principe exposées aux influences des sels de déverglaçage (brouillard salin). Les conduites qui sont disposées entre des poutres hautes ne sont pas exposées aux influences des sels de déverglaçage hormis si l'ouvrage franchit une route avec une faible hauteur. Pour les fixations dans l'espace routier soumises à une exposition directe aux sels de déverglaçage, il convient de poser les exigences les plus élevées en matière de résistance à corrosion.

La définition des éléments de fixation dans le Tab. 3.1 est basée sur la norme SIA 179 [7].

Tab. 3.1 Choix du matériau pour les fixations

Exposition	Choix du matériau	N° de matériau (Exemple)
Eléments dans des conditions sèches	Galvanisé à chaud > 45 µm	
Eléments en sous-face de pont et/ou exposé au brouillard salin	Acier inoxydable de la classe de résistance à la corrosion KWK III selon SIA 179 [7]	1.4401, 1.4404, 1.4571, 1.4578
Eléments en contact direct avec du sel de déverglaçage	Acier inoxydable de la classe de résistance à la corrosion KWK V selon SIA 179 [7]	1.4529, 1.4565

Le choix du matériau doit tenir compte des dommages qui pourraient être causés en cas de dégâts à la conduite. Des exigences élevées sont demandées pour les ponts situés au-dessus des voies de chemin de fer à grand trafic et au-dessus de routes principales avec une circulation dense. Des effets de corrosion localement accrus peuvent se manifester sous l'influence de courant électrique continu, dû à des courants vagabonds ou provoqué par le contact entre des éléments métalliques de potentiel différent (courants galvaniques). Le filetage des vis et des écrous doit être graissés avec de la graisse graphitée.

Les suspensions en acier inoxydable peuvent être décapées et passivées. Il s'agit d'une opération supplémentaire qui augmente la résistance à la corrosion et qui peut être prévue pour l'évacuation des eaux des ponts fortement exposés et/ou difficiles d'accès (en dessus d'une voie ferrée, etc.).

Les travaux de soudure et les cordons de soudure sur les éléments de fixation en acier inoxydable doivent être réalisés dans les règles de l'art et être retravaillés (meulage, nettoyage à l'acide). L'aptitude au soudage doit être vérifié au préalable.

3.2.2 Conduites

Pour les conduites d'évacuation des eaux, le matériau suivant doit être choisi :

- Polyéthylène PE
- Classe de résistance PE80 selon SN EN 12666 [26]
- Série de tuyaux SDR 33 (DN > 160 mm), resp. SDR 26 (DN ≤ 160 mm)

L'exigence suivante s'applique aux gaines de protection de câble :

- Polyéthylène HD-PE (ou supérieur)
- Exigence de qualité C+S, soudable

Pour d'autres conduites industrielles, sauf spécification spécifique contraire de la société de services, il est également recommandé d'utiliser du PE-HD (ou supérieur).

Résistance aux rayons UV

La résistance des tuyaux et des raccords aux rayons ultraviolets (UV) pendant la durée d'utilisation de la conduite doit être confirmée par un certificat de conformité du fabricant de tuyaux selon EN 10204-2.1 [23].

Tuyaux en PE

Les canalisations en thermoplastique (PE) contenant des stabilisateurs peuvent être posées à l'extérieur.

Malgré l'incorporation de pigments « stabilisateurs de lumière » dans les thermoplastiques, une exposition prolongée à un rayonnement UV intense peut entraîner une décoloration (la couleur d'origine devient plus pâle). Une diminution de la ténacité ne peut pas être totalement exclue.

En raison des exigences en matière de soudabilité, il est recommandé d'utiliser des tuyaux neufs.

Tuyaux en PP

Les tuyaux en Polypropylène (PP) ne sont pas stabilisés contre les rayons UV et sont généralement enterrés.

En cas d'exposition aux UV, les tuyaux en PP doivent être protégés par un revêtement approprié, tel qu'une peinture ou une isolation. Sinon, l'utilisation de tuyaux en PP est à proscrire.

Étant donné que les UV réduisent la ténacité du PP, le PP ne peut être utilisé à l'extérieur et exposé aux UV que si la température de service de paroi du tuyau n'est pas inférieure à 5°C. Si la durée d'utilisation maximale des tuyaux en PP posés à ciel ouvert est limitée à 10 ans, la formation de la couche d'oxyde sous l'influence des UV peut être compensée par une surépaisseur de tuyaux. Cette surépaisseur doit être d'au moins 2 mm, en fonction de l'intensité des UV et de la durée d'exposition.

Tuyaux en PRV

Il est possible d'utiliser des tuyaux et des systèmes de canalisation en plastique thermoudurcissable renforcé par des fibres de verre enroulé, également appelé PRV, GF-UP, GUP ou GFK, pour des canalisations ou des conduites industrielles de grands diamètres et/ou fortement sollicitées (par exemple, eaux claires, eau potable, eaux usées). La présente directive n'exclut pas l'utilisation de ce matériau pour les conduites industrielles, mais elle n'aborde pas les particularités et la planification détaillée nécessaire pour le choix de ce matériau. La planification des tuyaux doit respecter les exigences des ouvrages d'art mentionnées dans le présent document.

3.3 Disposition des conduites

La disposition possible des conduites est définie dans le Tab. 3.2 :

Tab. 3.2 Disposition des conduites

Type de ponts	Conduites d'évacuation des eaux	Autres conduites
Pont à caisson	Sur le côté du caisson ou sous les porte-à-faux	Dans le caisson, sur le côté du caisson ou sous les porte-à-faux
Pont à poutres	Entre les poutres ou sous les porte-à-faux	Entre les poutres ou sous les porte-à-faux
Pont-dalle	Sous la dalle ou sous les porte-à-faux	Sous la dalle ou sous les porte-à-faux

Les ponts-dalles existants avec des corps creux peuvent être considérés de manière analogue aux ponts à caissons. Les conduites d'évacuation des eaux doivent être placées à l'extérieur du tablier (voir également les directives du chapitre 4.4.7).

Ci-dessous se trouvent des exemples de ponts avec différents types de sections.

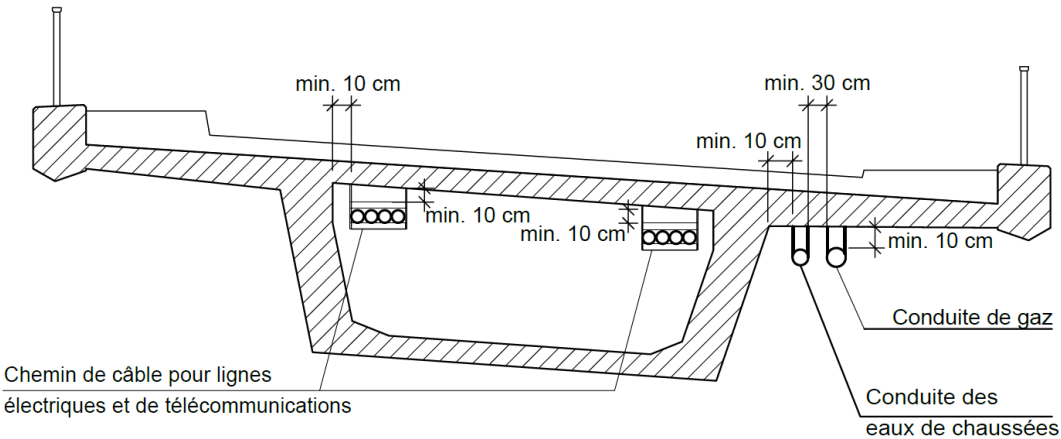


Fig. 3.1 Coupe transversale d'un pont à caisson avec diverses conduites techniques

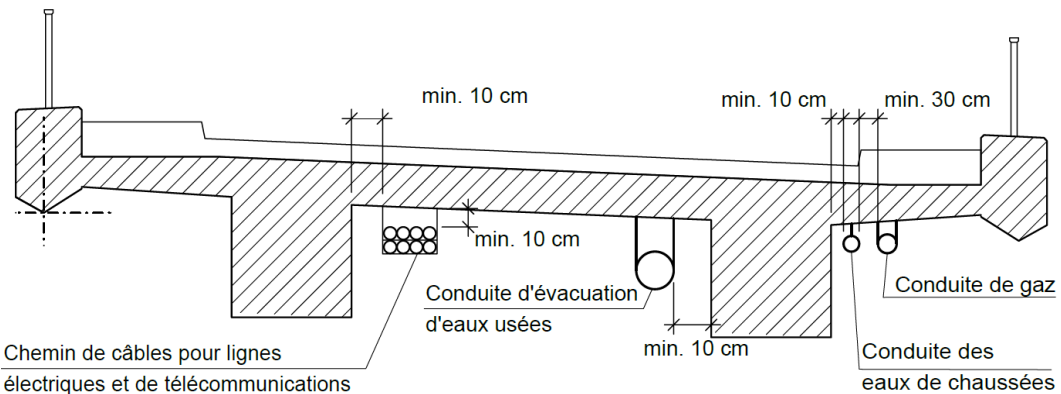


Fig. 3.2 Coupe transversale d'un pont dalle avec diverses conduites techniques

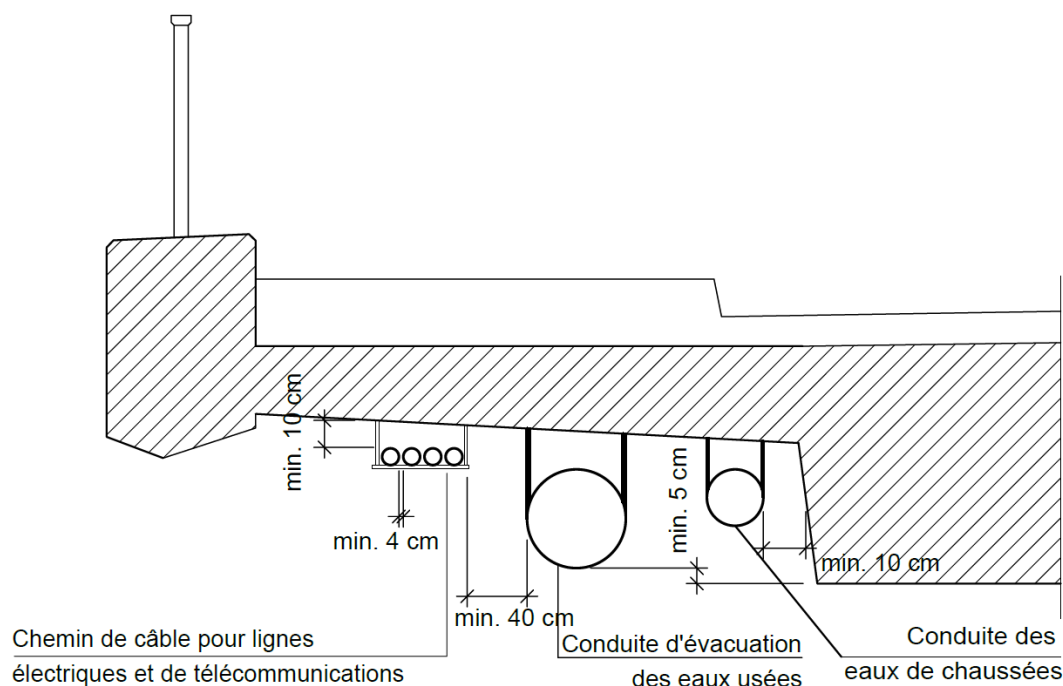


Fig. 3.3 Coupe transversale d'un tablier de pont avec conduites électriques, de télécommunications et conduites d'eau sous le porte-à-faux

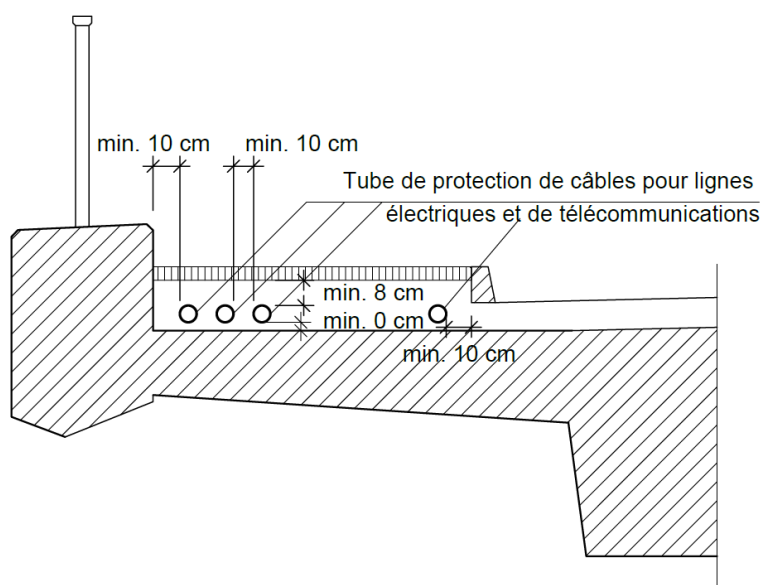


Fig. 3.4 Coupe transversale d'un tablier de pont avec conduites électriques, de télécommunications dans le remplissage en béton des trottoirs. Les exigences du chapitre 6.3 doivent être respectées.

3.4 Distance entre les conduites

Pour les conduites des ponts existants, des exceptions sont possibles en prenant en compte des exigences de l'entretien.

Distance entre les conduites et les éléments de construction

Les distances entre les conduites et les éléments de construction doivent être déterminées en tenant compte de l'accessibilité. Elles ne doivent pas être inférieures à 10 cm.

Le bord inférieur de la conduite la plus basse doit être 5 cm plus haut que le bord inférieur de la superstructure,

Pour les lignes à haute tension (plus de 1 KV), les prescriptions de distance de l'ordonnance sur les lignes électriques (OLE) ou les indications de la prénorme SIA 205 [14] sont en principe applicables.

Distances mesurées horizontalement entre les conduites

La distance horizontale minimale entre les différentes conduites ou groupe de conduites (batterie) est généralement de 30 cm pour des raison d'accessibilité.

Les distances minimales suivantes doivent être respectées :

• Electricité / électricité	4 cm
• Electricité / télécommunication	4 cm
• Electricité ou télécommunication / courant fort (*)	30 cm
• Electricité / eau	40 cm
• Electricité / gaz	50 cm
• Gaz / eau	30 cm

(*) Sans gaine de câble isolée (protection contre les courant vagabonds) ou tube de protection en plastique.

3.5 Fixation des conduites

Vérification de la sécurité structurale

La sécurité structurale des suspensions de tuyaux, y compris les fixations, doit être vérifiée conformément aux normes SIA 179 [7] et SIA 261 [15]. Pour les aspects particuliers de la sécurité sismique, voir la section 3.8. Pour les conduites lourdes, une vérification de la sécurité structurale de l'élément de structure qui doit supporter les conduites est parfois nécessaire.

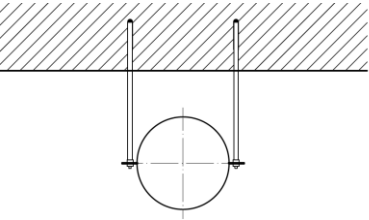
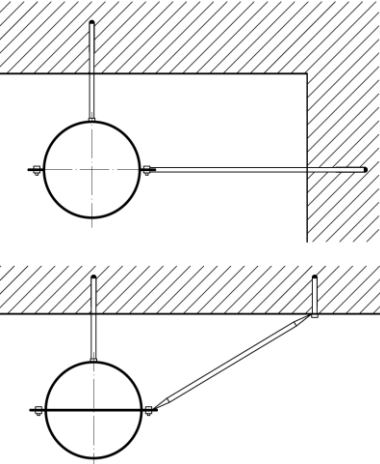
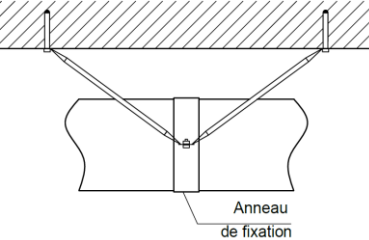
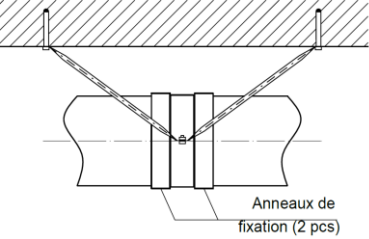
En principe, les indications concernant la position, la taille et la profondeur de pose sont indiquées par l'entrepreneur et doivent être approuvées par la direction des travaux.

Pour les fixations existantes, l'ancrage doit être examiné lors des inspections spécifiques à l'objet (évaluation de l'état). En règle générale, il n'est pas nécessaire de vérifier la sécurité structurale des ancrages des conduites existantes. Les nouvelles conduites doivent en principe être fixées à de nouvelles fixations.

Fixation

Un aperçu des types de fixation se trouve dans le Tab. 3.3. Les valeurs sont valables pour les conduites d'évacuation des eaux. Pour les conduites de plus grandes dimensions, les suspensions doivent être convenues avec le concepteur du système.

Tab. 3.3 Vue d'ensemble des systèmes à collier

Représentation du système	Désignation	Disposition
	Suspension de tubes	(Cas standard)
	Suspension de tubes avec stabilisation latérale	DN/OD ≤ 125 mm
	Point fixe avec anneau de fixation des deux côtés du collier de serrage	DN/OD : 126 - 200 mm
	Point fixe avec anneaux de fixation (2 pcs) des deux côtés du collier de serrage.	DN/OD : 201 - 600 mm

Définition des éléments de fixation

Les ancrages dans le béton peuvent être réalisés à l'aide de rails d'ancrage bétonnés ou de fixations simples montées ultérieurement (chevilles ou ancrages) conformément au Tab. 3.4.

Pour les nouveaux ponts, il est préférable d'utiliser des inserts de coffrage (rails d'ancrage bétonnés) lorsque des tolérances d'exécution plus élevées sont nécessaires au niveau de la position de l'évacuation de l'eau et de la flexibilité pour les adaptations futures. L'enrobage de béton doit être garanti dans tous les cas.

Pour les ancrages forés, il s'agit d'éviter d'endommager l'armature ou la précontrainte. Une localisation appropriée de l'armature / de la précontrainte au moyen d'un détecteur d'armature ou un géoradar est à prévoir. La position de la précontrainte doit être vérifiée par l'ingénieur en charge de la structure porteuse.

La norme SIA 179 [7] fournit les bases pour définir les éléments de fixation.

Tab. 3.4 Aperçu et évaluation des fixations pour les conduites

Fixation		Evaluation		Utilisation
		Avantages	Inconvénients	
Fixation des rails	Rail d'ancrage bétonné	<ul style="list-style-type: none"> - Fixation fiable - Charges élevées possibles - Mise en place facile (déplacement) 	<ul style="list-style-type: none"> - Planification précise nécessaire - Enrobage de béton 	Exécution normale lors de la pose de rails d'ouvrage
	Rail d'ancrage monté ultérieurement (rail de montage)	<ul style="list-style-type: none"> - Avantageux en cas de plusieurs conduites - Permet une grande flexibilité 	<ul style="list-style-type: none"> - Connaissances spécialisées pour la planification et l'exécution - Dimensionnement soigneux nécessaire. - Endommagement possible de l'armature / la précontrainte lors du forage 	Relativement fréquent
Fixation simple	Fixation posée ultérieurement (cheville)	<ul style="list-style-type: none"> - Favorable pour les fixations individuelles - Grande fiabilité 	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement possible de l'armature / la précontrainte lors du forage - Pose soignée nécessaire 	Exécution normale pour les fixations individuelles
	Tiges d'ancrage bétonnées, crochets d'ancrage, étiers d'ancrage, douille filetées.	<ul style="list-style-type: none"> - Fixation fiable - Charges élevée possible 	<ul style="list-style-type: none"> - Grande précision de pose - Mise en place (déplacement) difficile 	Cas particulier

Exigences concernant les chevilles

En règle générale, les chevilles chimiques sont utilisées pour l'ancrage des conduites. Les chevilles mécaniques (chevilles à expansion) ne peuvent être utilisées que dans des cas particuliers, par exemple lorsqu'un effet porteur immédiat est nécessaire ou parce que des exigences plus strictes sont imposées en raison d'un risque d'incendie.

Distances des suspensions, des fixations latérales et des colliers

Les suspensions doivent être prévues au minimum tous les 1,50 m ou selon les indications du constructeur/fournisseur (en tenant compte de la rigidité du bloc de câble ou de la conduite). Les distances entre les suspensions pour les conduites d'évacuation des eaux pour différentes dimensions de tuyaux sont indiquées dans le Tab. 3.5.

La stabilisation latérale (béquilles) est nécessaire aussi bien pour les conduites d'évacuation des eaux que pour les conduites industrielles. Elle permet d'empêcher les déformations latérales (serpentin).

- Pour les conduites d'évacuation des eaux, chaque 3^{ème} suspension devrait être stabilisée latéralement ;
- Pour les conduites industrielles, chaque 5^{ème} suspension devrait être stabilisée latéralement.

Pour plus de détails sur un calcul plus précis, voir l'annexe I.

Tab. 3.5 Suspension de tuyaux avec stabilisation latérale (Valable pour les conduites d'évacuation des eaux)

Dimension	Distance des suspentes	Stabilisation transversale	Dimensions minimales des colliers [mm]
DN/OD < 125 mm	1.00 m	Chaque 3 ^{ème} suspension	40/4
DN/OD 126 - 200 mm	1.25 m	Chaque 3 ^{ème} suspension	40/4
DN/OD 201 - 300 mm	1.50 m	Chaque 3 ^{ème} suspension	50/5
DN/OD > 300 mm	Après accord avec le fabriquant		60/6

Support de tuyaux

Les indications relatives aux suspensions de tuyaux s'appliquent également, par analogie, aux supports de tuyaux.

3.6 Points fixes (points d'ancrage)

Les points fixes sont destinés à absorber les variations de longueur des tuyaux en PE liées à la température et les efforts qui en résultent.

Les points fixes doivent être disposés :

- au début et à la fin de chaque conduite fixée librement;
- aux raccordements des puits ou des conduites transversales ;
- aux changements de direction (coude) ;
- aux réductions ;
- avant et après les manchons de dilatation.

Les éventuels points fixes intermédiaires doivent être planifiées en fonction de l'expérience de l'ingénieur et/ou du constructeur.

Le support du collecteur aux points d'entrée des dérivations de puits doit être conçu comme un point fixe sur tous les côtés.

Les points fixes doivent être conçus de manière que les forces résultant des déformations thermiques empêchées (traction et compression) puissent être transmises à la structure porteuse. Pour les conduites électriques et de télécommunication, les forces résultant du tirage sont aussi à considérer (jusqu'à 1,8 t en traction ou en compression). Les points fixes doivent être conçus de manière qu'il n'y ait pas de contraintes excentriques sur les sections des tubes.

Variante : Points fixes bétonnés

Le point fixe peut être réalisé en noyant la conduite munie d'un manchon dans un massif en béton comme présenté à Fig. 3.6. En fonction de la longueur des tronçons, la configuration suivante peut être prévue selon la Fig. 3.5 :

- Longueur < 80 m : sans manchon de dilatation
- Longueur > 80 m : avec manchons de dilatation

La section de béton (armature) doit pouvoir supporter les forces de traction correspondantes.

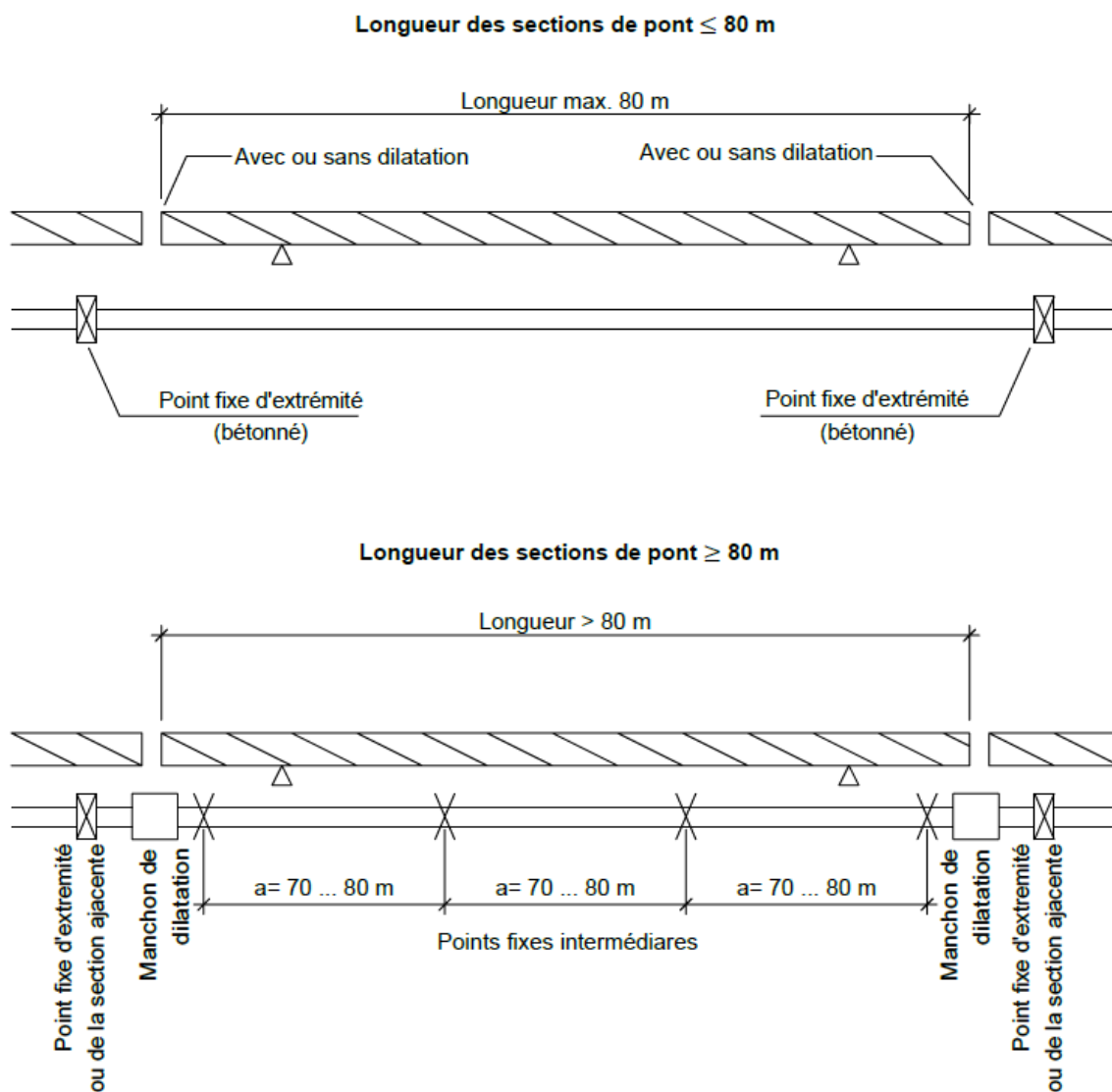


Fig. 3.5 Disposition schématique des points fixes en fonction de la longueur des sections

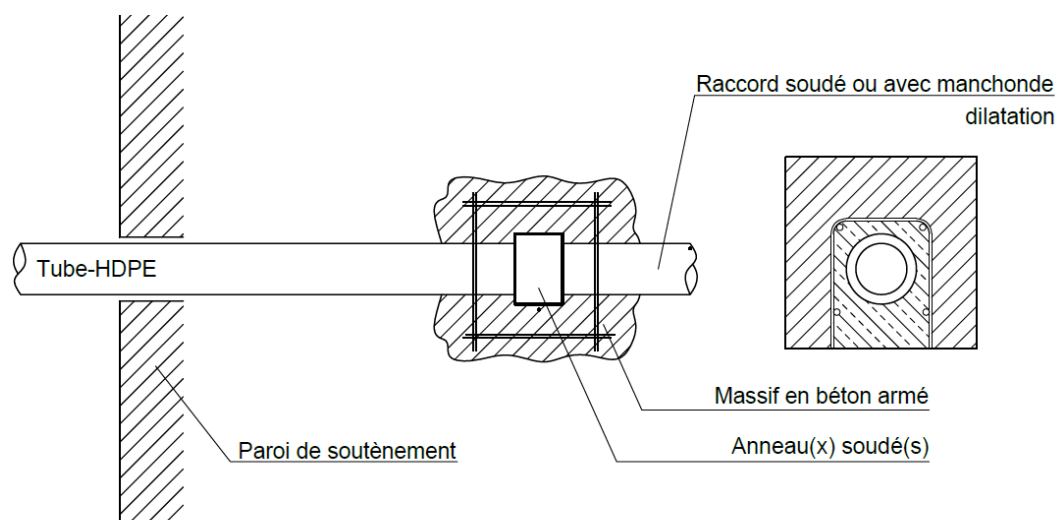


Abb. 6 Schéma d'un point fixe bétonné

Fig. 3.6 Schéma d'un point fixe bétonné

3.7 Raccords (joints de tuyaux)

Tous les raccords de tuyaux en PE doivent être réalisés avec des soudures en miroir (soudures bout à bout par élément chauffant) ou des manchons électrosoudables (MSE). Les directives DVS correspondantes [39] doivent être respectées. Pour plus de détails sur les joints de tuyaux, veuillez-vous référer à l'annexe II.

En cas de dilatation, des manchons ou des compensateurs de dilatation sont à prévoir.

3.8 Sécurité sismique

Vérifications de la sécurité parasismique

En principe, il n'est pas nécessaire de vérifier la sécurité parasismique, mais les suspensions doivent être conçues de manière à résister aux séismes.

Ce n'est que dans le cas de la classe d'ouvrage III (CO III) que les fixations des conduites de service essentiels (« Lifeline ») doivent être vérifiées selon la norme SIA 179 [7]. La compatibilité avec le mouvement du pont doit être garantie.

Les exigences de la classe d'ouvrage CO III s'appliquent aux conduites de gaz (voir également la section 7).

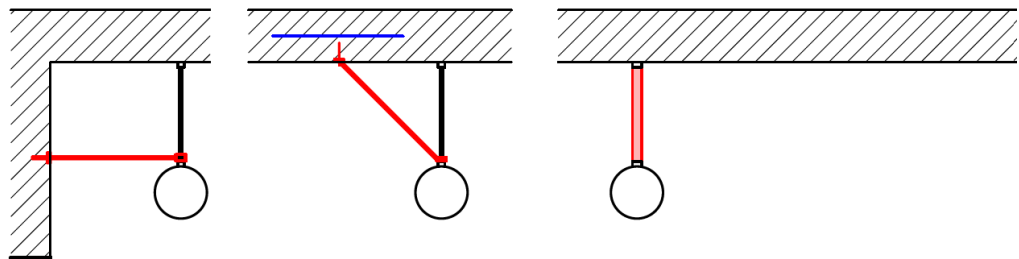
Conception parasismique

Des raidisseurs longitudinaux et transversaux peuvent être nécessaires pour la sécurité sismique des conduites, voir Fig. 3.7.

Les rails, consoles ou ponts de câbles doivent également être renforcés et ancrés conformément à la Fig. 3.8 (béquilles transversales et longitudinales). Il est possible d'utiliser soit des fixations résistantes à la flexion, soit des barres pendulaires diagonales (angle d'inclinaison optimal = 45°).

Les percements de parois peuvent être utilisés pour supporter les forces horizontales, pour autant qu'aucun déplacement inadmissible ne soit à prévoir. S'il n'y a pas d'appuis, un espace annulaire suffisant entre le percement et la conduite (espace libre entre le tuyau et l'évidement) est à prévoir.

Sens transversal



Sens longitudinal

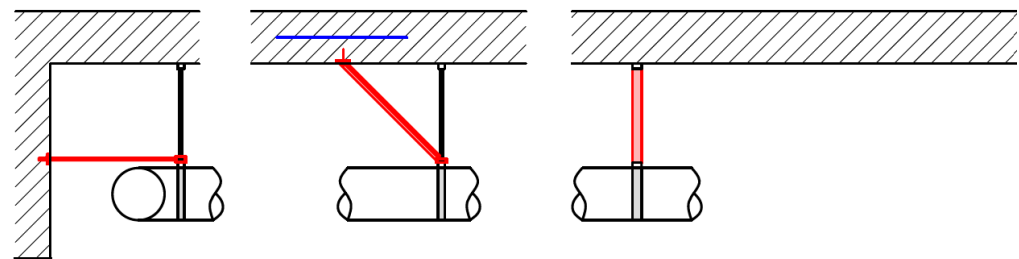


Fig. 3.7 Principe de rigidification des conduites dans le sens longitudinal et transversal

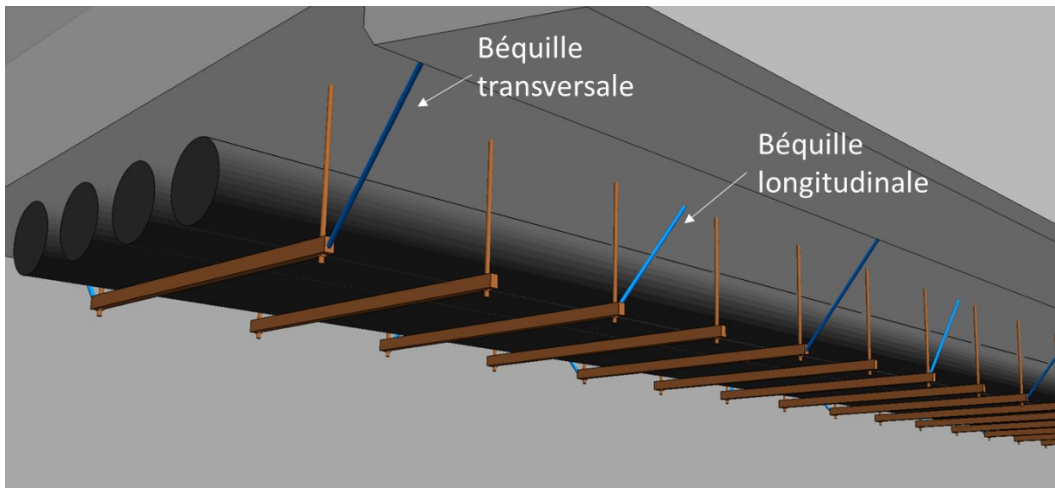


Fig. 3.8 Rigidification des conduites dans le sens longitudinal et transversal

Un contreventement longitudinal par ligne droite est à prévoir, ainsi qu'un contreventement transversal au début et à la fin de chaque ligne. Dans le sens longitudinal, la transmission des forces du tube vers le raidisseur est à assurer.

Les colonnes de chute doivent également être fixées à intervalles réguliers.

Des raccords flexibles, des matériaux d'étanchéité ductiles et des manchons mobiles doivent être prévus lorsque des grandes déformations relatives sont à prévoir, par exemple :

- Entre deux ouvrages ;
- En cas de dilatation ;
- En présence d'appareils d'appui sismiques (isolateurs, amortisseurs, etc.).

Le choix du type de raccordement dépend du type et du diamètre de la conduite ainsi que de l'ampleur du déplacement attendu. Les variantes d'exécution sont représentées schématiquement à la Fig. 3.9.

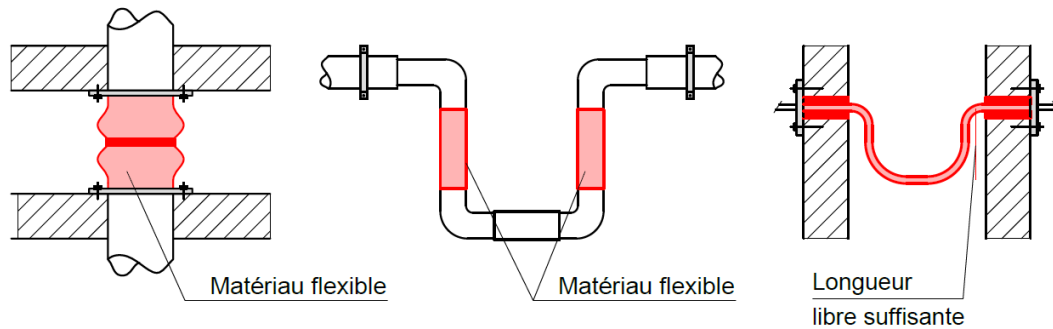


Fig. 3.9 Différents types de raccords flexibles

4 Concept d'évacuation des eaux

4.1 Nécessité d'un système d'évacuation des eaux

En principe, un système d'évacuation des eaux doit être prévu sur les ponts pour garantir la sécurité routière.

Dans certain cas, il est préférable d'éviter un système d'évacuation des eaux pour des raisons de durabilité (risques de fuites aux percements d'étanchéité) ainsi que pour des considérations économiques (entretien, coûts de construction). Un tel système peut être supprimé sur le pont, à condition que toutes les conditions suivantes soient remplies :

- Pas d'atteinte à la sécurité routière (écoulement de l'eau en dehors de la bande de roulement, par exemple avec formation d'une banquette, pas de changement de dévers) ;
- Écoulement de l'eau sur la surface dans le sens longitudinal (pente minimale de 2%) ;
- Pas de joint de chaussée du côté aval (par exemple extrémité fixe du pont) ;
- Pas de dommage causé par l'eau.

Si l'évacuation des eaux du pont est supprimée, l'eau collectée sur le pont doit être évacuée par le système d'évacuation des eaux de la route à l'extrémité du pont.

4.2 Exigence en matière d'évacuation des eaux

4.2.1 Sécurité routière

En ce qui concerne l'aquaplaning, la sécurité routière dépend en premier lieu de la géométrie de la chaussée. Les bases relatives aux exigences géométriques se trouvent dans la norme VSS 40 120 [17], la directive ASTRA 11001 Profils types [4] 4.4.3 et l'annexe III de la présente directive.

4.2.2 Protection des eaux

L'eau de surface du pont doit en principe être collectée et déversée dans le système d'évacuation des eaux de la route via un dépotoir.

En cas d'évacuation directe ou indirecte dans l'environnement, il convient d'examiner si un traitement préalable est nécessaire. Une évacuation par l'accotement sur un talus est considérée comme un traitement.

Si les conséquences d'un accident sur les eaux superficielles peuvent être graves, il convient de mettre en œuvre un dispositif de retenue avec un niveau de retenue élevé ainsi qu'une bordure suffisamment haute pour éviter tout déversement. Les exigences de la directive ASTRA 19001 [6] doivent être respectées.

4.2.3 Assurer la durabilité de la structure porteuse

La conception d'évacuation des eaux et celle de la structure porteuse doivent être coordonnées. Un contact entre les eaux de la chaussée contenant des chlorures et la structure porteuses est à éviter en raison d'une éventuelle fuite du système d'évacuation des eaux. Une attention particulière doit être portée aux structures en béton précontraints.

4.2.4 Entretien des ponts

En principe, les exigences de l'entretien doivent être demandées et prises en compte lors de la planification du système d'évacuation des eaux, afin que toutes les conduites soient accessibles, contrôlables et nettoyables avec les équipements existants et futurs.

L'entretien et la surveillance du pont ne doivent pas être entravés par la disposition des conduites. Cela concerne en particulier la possibilité d'inspecter tous les éléments structuraux et les équipements du pont.

Les passages de conduites, par exemple dans la zone de la culée, devraient être conçus de manière que les conduites puissent être remplacées.

4.2.5 Remise en état des ponts

Le levage des superstructures, par exemple pour remplacer les appareils d'appui de pont ou pour compenser des tassements différentiels, ne doit pas être empêché par des conduites. La possibilité de régler la hauteur des conduites doit être garantie.

4.3 Schéma du système d'évacuation des eaux

Les illustrations suivantes présentent des schémas d'évacuation des eaux standards :

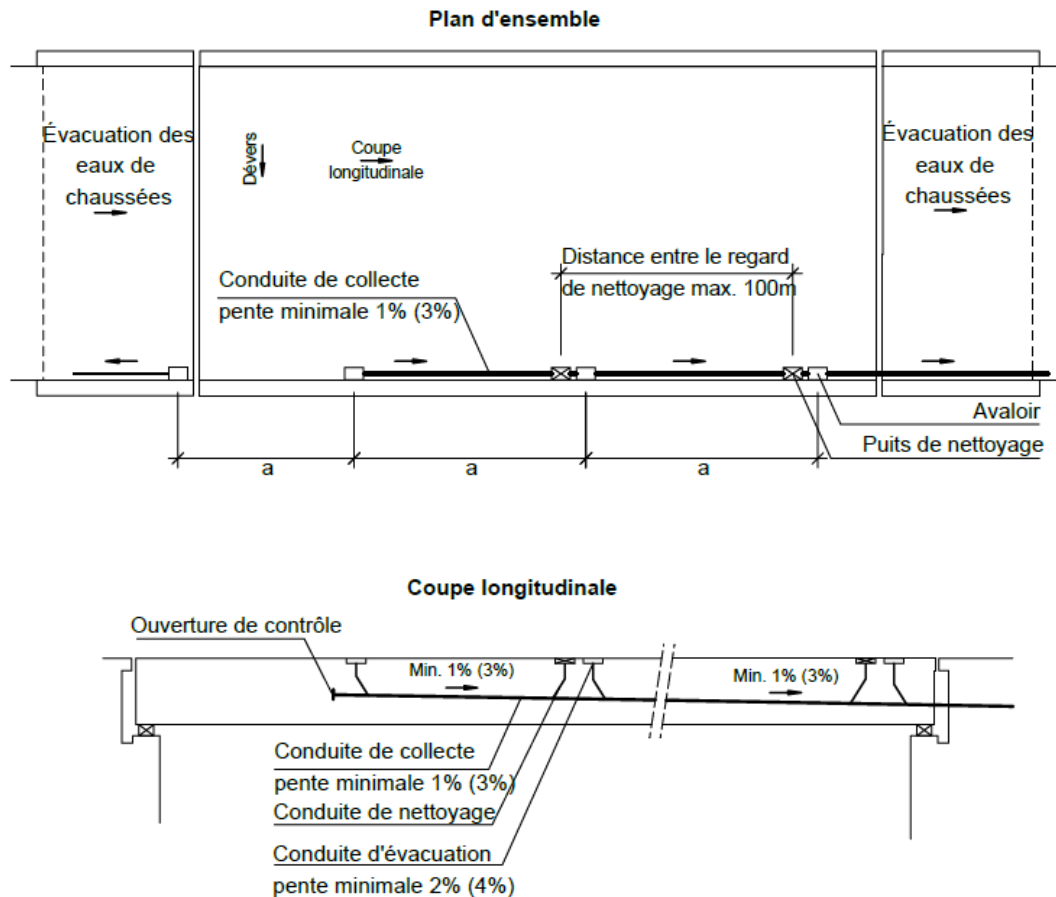


Fig. 4.1 Exemple de système d'évacuation des eaux

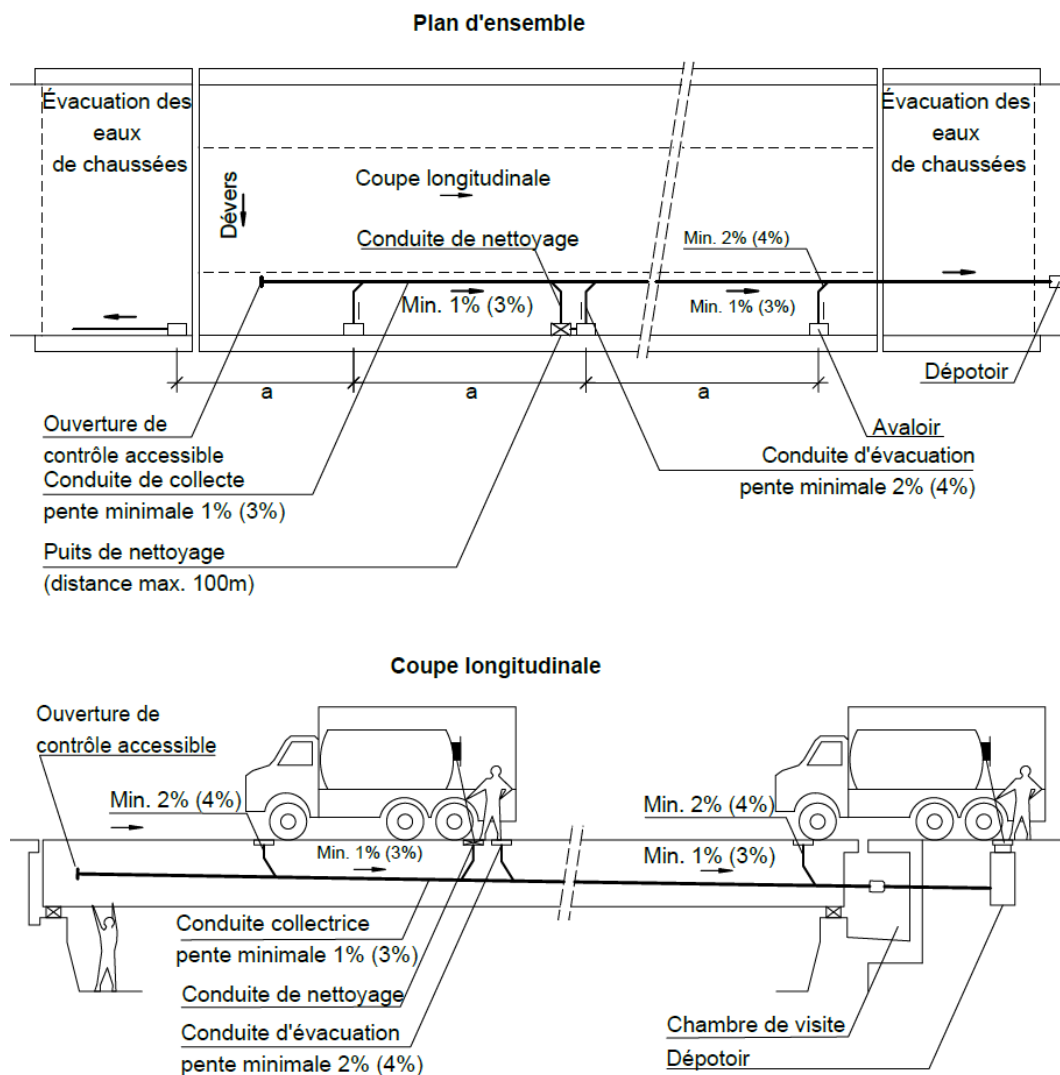


Fig. 4.2 Exemple de système d'évacuation des eaux avec curage à partir du dépotoir d'extrémité

4.4 Réflexions conceptuelles sur les conduites d'évacuation des eaux

4.4.1 Aspect visuel

Dans la mesure du possible, l'aspect visuel du pont ne doit pas être altéré par l'installation de conduites. Dans ce sens, les conduites ne devraient pas être fixées sur les faces latérales des têtes de consoles ou des parapets. La géométrie des bordures peut diverger des normes afin de réduire la vue sur les conduites. Lorsqu'un collecteur à l'extérieur vers les bordures est inévitable, des mesures sont à prendre pour réduire l'impact visuel. L'accent est mis sur l'adaptation de la couleur des conduites à l'ouvrage. Il est possible de les placer sous les porte-à-faux.

La durée d'utilisation prévue de l'évacuation des eaux est en général plus courte que celle de la structure porteuse (100 ans). La durabilité du pont ne doit pas être compromise ou mise en danger au profit de l'aspect visuel. La disposition des conduites d'évacuation des eaux doit être choisie de manière que, même en cas de fuites, les eaux de chaussée n'entrent pas en contact avec des éléments structurels critiques sur le plan statique (par exemple, des câbles de précontrainte) ou des éléments nécessitant des réparations coûteuses.

La couleur des tubes peut être choisie en noir, gris ou blanc (sans bandes longitudinales), selon les exigences esthétiques, voir paragraphe 3.2. Les manchons de soudage électrique sont disponibles en noir ou en blanc. Le surcoût pour les tuyaux de couleur grise est d'environ 30% et comprend la couverture des manchons de soudage électrique avec des éléments de tuyaux gris.



Fig. 4.3 Exemple d'une conduite avec des tuyaux gris et des manchons de couverture électrosoudables (à gauche) et pont avec des conduites grises (à droite)

4.4.2 Disposition des conduites sur les passages supérieurs et inférieurs

Le bord inférieur de chaque conduite doit être au moins 5 cm plus haut que le bord inférieur de la superstructure.

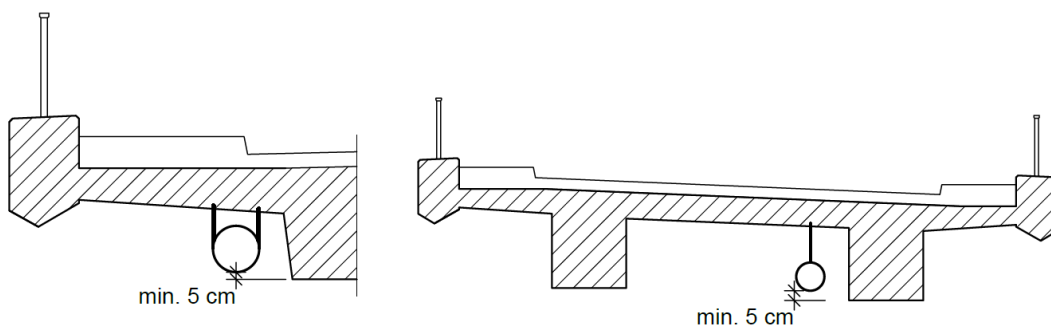


Fig. 4.4 Distances minimales entre le bord inférieur des conduites et le bord inférieur du tablier

4.4.3 Ponts traversant les cours d'eau

Pour les ponts franchissant un cours d'eau, les conduites ne doivent pas obstruer le gabarit hydraulique. Autant que possible, aucune conduite ne doit être installée sous la face inférieure du pont. Dans le cas contraire, des mesures de protection contre les dommages doivent être envisagées, en intégrant par exemple les conduites dans une engravure de la structure.

4.4.4 Protection contre le gel

Les ponts directement reliés à un tunnel sont particulièrement sensibles au gel des conduites. La nécessité d'une isolation thermique doit être évaluée au cas par cas.

Les systèmes de chauffage auxiliaire sont à éviter.

Si l'isolation thermique ne permet pas d'éviter le gel des conduites d'évacuation, l'eau doit être évacuée avant d'atteindre le pont.

4.4.5 Conduites noyées dans le béton

Les conduites d'évacuation des eaux ne doivent pas être noyées dans le béton de construction.

Si une disposition des conduites d'évacuation des eaux dans la section en béton est inévitable, celle-ci doivent être placées dans des fourreaux. Cette exigence s'applique également aux passages des conduites d'évacuation à travers les tabliers de pont. Les dimensions géométriques doivent permettre le remplacement des conduites.

4.4.6 Disposition des conduites de collecte

Les conduites de collecte doivent être disposés conformément à la Fig. 4.5.

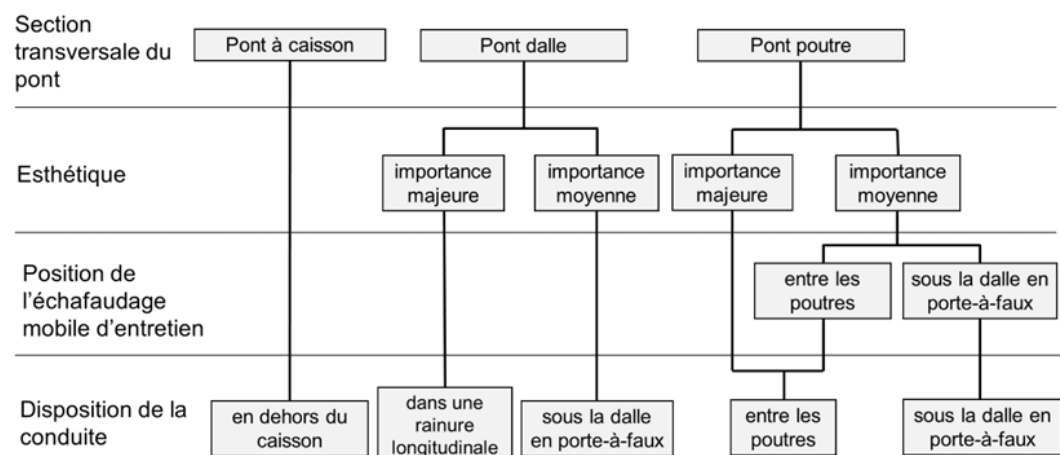


Fig. 4.5 Disposition des conduites de collecte pour différents types de ponts

4.4.7 Conduite d'évacuation des eaux dans un caisson

En principe, il est interdit de faire passer les conduites d'évacuation des eaux dans les caissons. Seulement si cela est techniquement inévitable, le passage d'une conduite dans le caisson peut être accepté. L'esthétique comme seul critère de décision ne suffit pas.

Pour les ponts existants, il convient d'examiner lors de l'élaboration du concept d'intervention, au cas par cas, si une disposition des conduites en dehors du caisson est raisonnable. La proportionnalité sur l'ensemble du cycle de vie doit être démontrée en considérant les dépenses d'inspection et d'entretien, le risque d'une fuite non détectée et l'ampleur potentielle des dommages.

Dans le cas de conduite ou une conduite d'évacuation des eaux est disposée dans un caisson, les exigences suivantes sont à prendre en compte :

- La conduite doit pouvoir être inspectée dans le cadre d'un contrôle visuel annuel documenté (inspections spéciales).
- Les éventuelles fuites constatées doivent impérativement être éliminées sans délai.
- Des mesures de monitoring peuvent être utilisées en complément.
- Une attention particulière doit être accordée à l'accessibilité des caissons avec une hauteur libre $h > 1.40$ m.

Des ouvertures doivent être aménagées dans la dalle afin d'évacuer l'eau en cas de rupture de la conduite.

Les conséquences d'une rupture pour les personnes et les installations sous le pont doivent être évaluées. Sur cette base, l'emplacement des ouvertures dans le tablier du pont doit être déterminé. Dans des cas particuliers, il convient de prévoir des mesures supplémentaires pour canaliser l'écoulement au moyen d'ouvertures dans des éléments structuraux, de caniveaux ou de fourreaux.

4.4.8 Disposition des conduites d'évacuation

Les conduites d'évacuation perpendiculaire à l'axe du pont doivent être amenées dans le collecteur par deux coudes à 45°.

4.4.9 Diamètre minimal des tuyaux

Les diamètres minimaux des tuyaux résultent non seulement du dimensionnement hydraulique (voir paragraphe 4.7), mais aussi des exigences liées à l'entretien (nettoyage au jet d'eau haute pression et inspection par caméra).

Il en résulte pour les diamètres minimaux :

- Conduite d'évacuation : DN 125 (S 12.5, SDN 26, DN/ID = 114.2 mm)
- Conduite collectrice : DN 250 (S 16, SDR 33, DN/ID = 234.6 mm)

4.4.10 Pente minimale

En raison du risque de dépôt, la pente minimale des conduites est de :

- Conduite d'évacuation : 2% (si possible 4%)
- Conduite collectrice : 1% (si possible 3%)

4.5 Disposition des avaloirs

Les avaloirs et les puits de nettoyage ne doivent généralement pas être installés dans les voies de circulation.

Les avaloirs constituent des points faibles potentiels des ponts en ce qui concerne leur durabilité. Le nombre de percement de l'étanchéité doit être réduit au minimum et, pour les ponts plus courts, les percements devraient être évalués. Les avaloirs doivent être placés de manière qu'en cas de fuite éventuelle, l'eau contenant des chlorures ne s'écoule pas sur des éléments porteurs importants (par exemple poutres précontraintes).

L'emplacement des avaloirs doit être déterminé lors de la phase de conception du pont en interaction avec le tracé de la route (pente longitudinal, pente transversale et changement de pente transversale). Les points à considérer sont décrits ci-dessous.

Des indications sur la disposition des avaloirs se trouvent dans la norme VSS 40 356 [20].

Il convient de noter que :

- L'écoulement de l'eau sur la chaussée ou l'épaisseur du film d'eau sont influencés par la géométrie de la surface.
- Les avaloirs disposés le long du point bas du dévers de la chaussée permettent de limiter la largeur du fil d'eau le long de la bordure.

Les illustrations suivantes présentent schématiquement des détails d'évacuation des eaux.

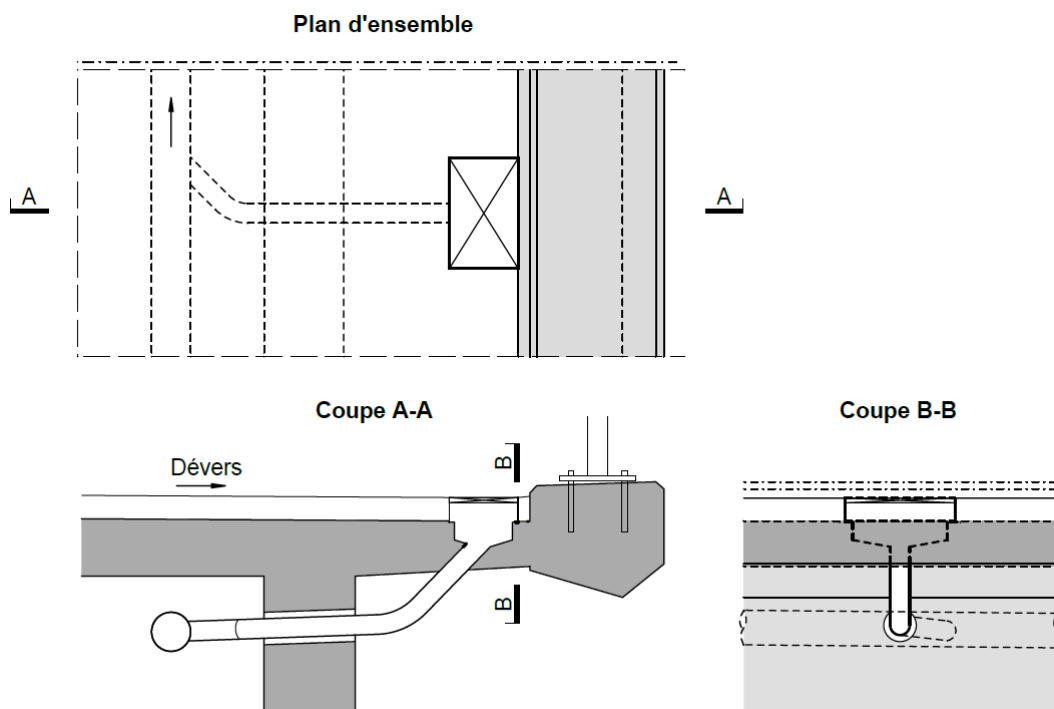


Fig. 4.6 Pont à poutres avec la conduite collectrice entre les poutres

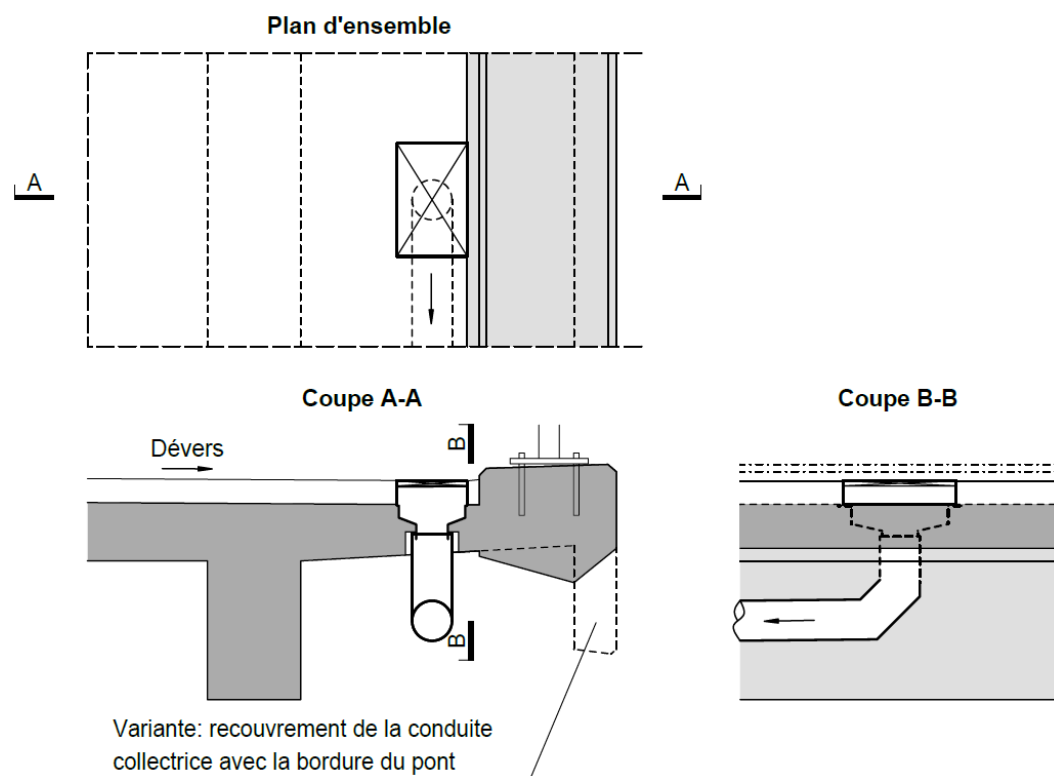


Fig. 4.7 Conduite collectrice sous le porte-à-faux

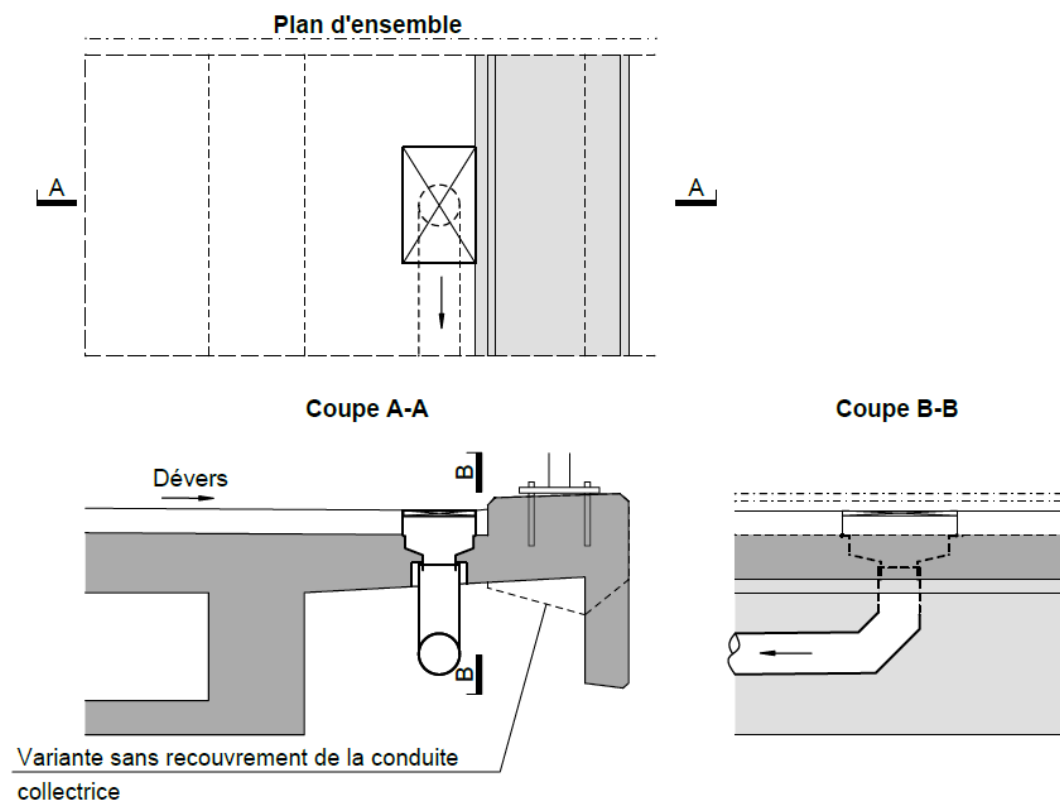


Fig. 4.8 Conduite collectrice d'un pont à caisson

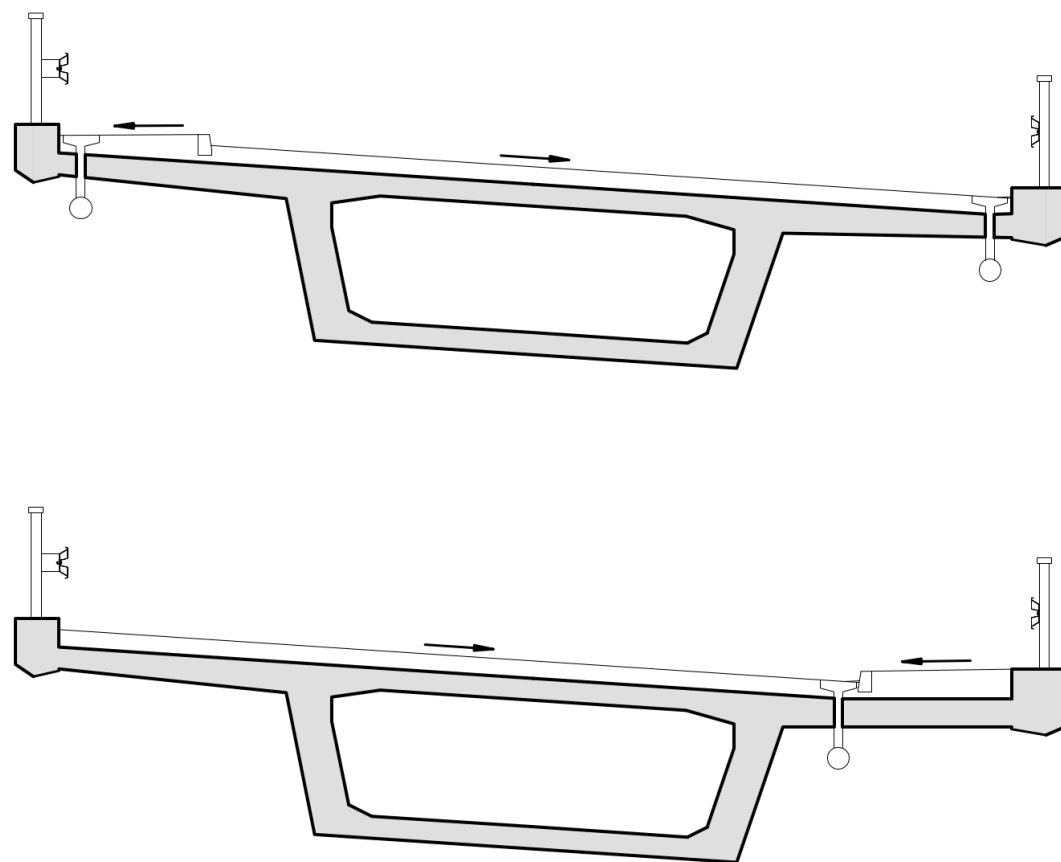


Fig. 4.9 Récupération des eaux de chaussée avec un contre-dévers, dans le cas d'un trottoir au point haut et d'un trottoir au point bas.

4.5.1 Disposition en cas de changement de dévers, pour les crêtes et les cuvettes

Changement de dévers de la chaussée

Pour que l'eau recueillie dans le point bas du dévers ne s'écoule pas sur la chaussée en cas de changement de dévers, les écoulements doivent être disposés comme suit :

- Dans le sens de l'écoulement, les avaloirs doivent être placés à une distance suffisante avant le changement de dévers. La distance dépend de la longueur du changement de dévers.
- Sur la route où la vitesse est supérieure à 80 km/h, deux avaloirs doivent généralement être placés avant le changement de dévers.
- Les avaloirs doivent absorber la totalité du débit du fil d'eau calculé.

Aucun changement de dévers ne doit être effectué sur les ponts dont la pente longitudinale est $< 0,5\%$.

Raccordements convexes (crêtes)

Dans les cas de raccordements convexes avec de grands rayons de raccordement et en particulier pour les raccordements convexes liés à de faibles pentes longitudinale ($< 2\%$), la distance entre les avaloirs doit être réduite de manière analogue au cas des routes à faibles pente longitudinale.

Dans le cas d'un raccordement convexe, les avaloirs doivent absorber la totalité du débit du filet d'eau calculé selon la norme VSS 40 353 [19].

Raccordements concaves (cuvettes)

Lors de la planification, des raccordements concaves sur les ponts sont à éviter afin de simplifier l'évacuation des eaux. L'aquaplaning est généralement plus problématique dans les raccordements concaves que dans le cas des raccordements convexes.

4.6 Disposition des puits de nettoyage

Les puits de nettoyage doivent être installés de manière que la conduite collectrice puisse être nettoyée/curée à l'envers.

La distance entre les regards de nettoyage et la longueur de nettoyage de la conduite sont influencées de manière déterminante par les changements d'angle. Dans le cas de conduites rectilignes, il est possible d'atteindre des longueurs de rinçage allant jusqu'à 100 mètres.

4.7 Dimensionnement hydraulique

4.7.1 Dévers

Le dévers de la chaussée doit être projeté conformément au paragraphe 4.4.3 des profils normaux de la directive ASTRA 11001 [4].

4.7.2 Coefficient de débit

Le coefficient d'écoulement ψ est de 0,9 selon la norme VSS 40 353 [19].

4.7.3 Intensité des pluies

La disposition des écoulements et le dimensionnement des conduites se basent sur les intensités de pluie, selon la norme VSS 40 340 [18] avec une durée de pluie de $t = 15$ min et une période de retour de $T = 1$ an.

En attendant une mise à jour des bases météorologiques de la norme VSS 40 350 [18], l'évolution future des pluies (fortes précipitations plus fréquentes et plus intenses) est prise en compte avec un facteur de 1,2 (voir [41]).

Pour les ponts existants, en tenant compte d'une durée d'utilisation résiduelle, les valeurs indiquées ci-dessous peuvent être réduites d'un facteur 1,2.

Pour la conception des évacuations des eaux de ponts, on distingue de manière simplifiée, trois zones selon la Fig. 4.10 :

- | | | |
|-------------------------------------|------------------------|---|
| • Zone I: Alpes, Valais, Engadine | 45 mm·h ⁻¹ | (125 l · s ⁻¹ · ha ⁻¹) |
| • Zone II : Plateau, Préalpes, Jura | 75 mm·h ⁻¹ | (210 l · s ⁻¹ · ha ⁻¹) |
| • Zone III: Tessin (Sud) | 100 mm·h ⁻¹ | (280 l · s ⁻¹ · ha ⁻¹) |

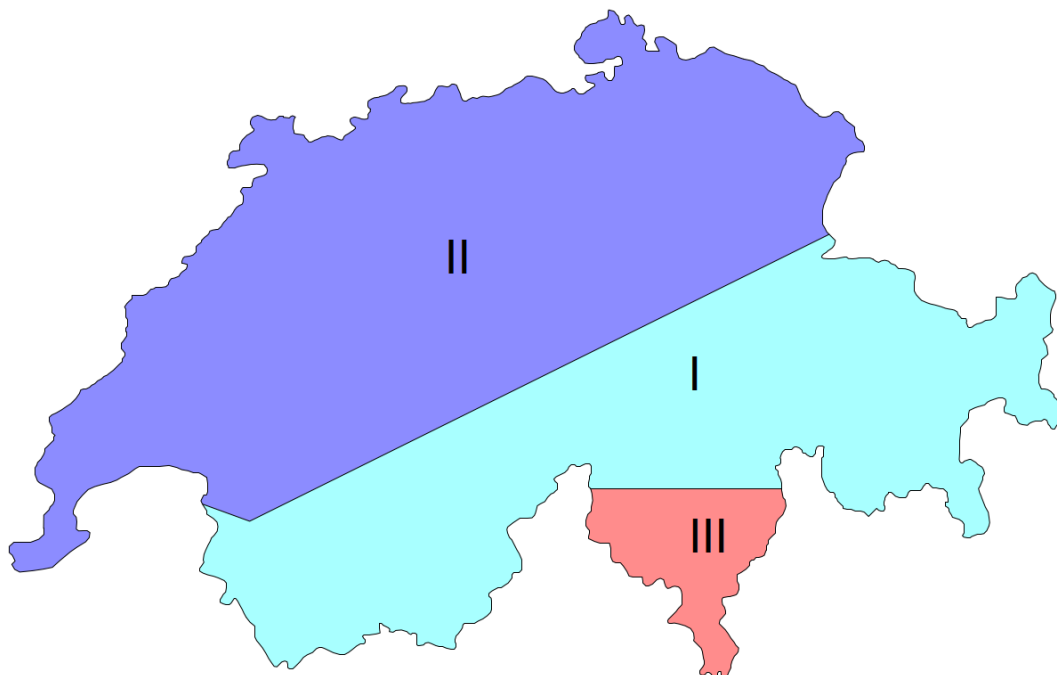


Fig. 4.10 Zones d'intensité des pluies (simplifiées)

4.7.4 Distance entre avaloirs

Les bassins versants maximaux déterminants des ponts sont indiqués à la Fig. 4.11. D'autres informations sur le calcul se trouvent à l'annexe III.

Pour les ponts dont la pente longitudinale est $\leq 0,5\%$, l'évacuation des eaux de la surface de la chaussée doit être assurée par des mesures supplémentaires, comme la réalisation d'un caniveau dans le revêtement (avec une plus grande pente longitudinale ou même éventuellement avec une contre-pente) le long du point bas de la chaussée.

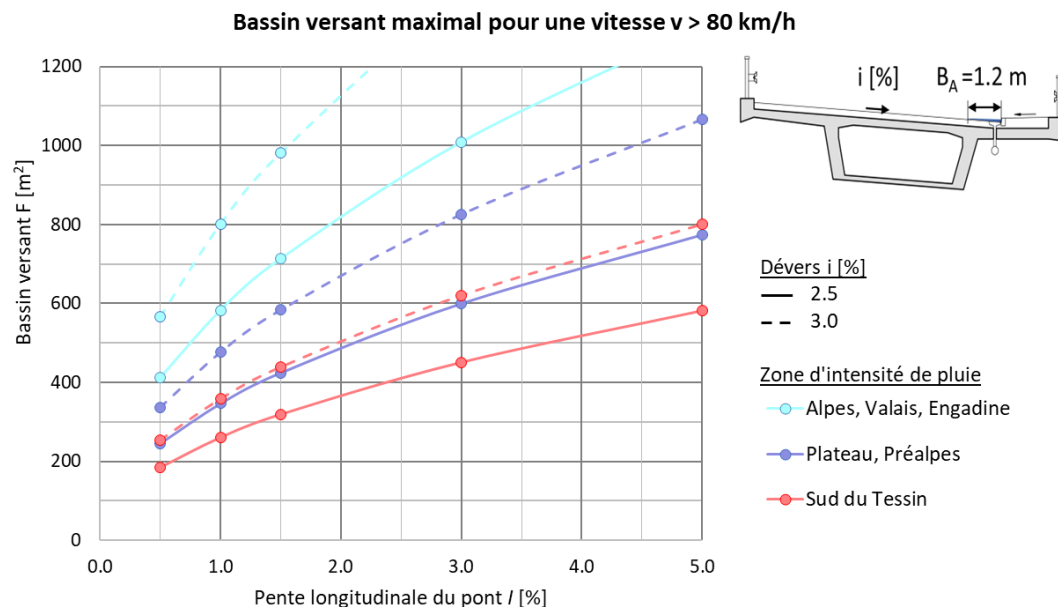


Fig. 4.11 Bassin versant maximal pour une vitesse $v > 80$ km/h

4.7.5 Dimensionnement des conduites d'évacuation et de collecte

Pour les données relatives au diamètre minimal et à la pente, voir les points 4.4.9 et 4.4.10 respectivement.

Le dimensionnement hydraulique des conduites collectrices et d'écoulement s'effectue selon le Tab. 4.1 (ou Fig. 4.12 / Fig. 4.13). Le calcul est effectué selon la formule de Prandtl-Colebrook pour un remplissage complet et une valeur de rugosité $k_b = 1$ mm.

Pour les conduites d'écoulement, une accumulation est autorisée. En règle générale, un débit de 20 l/s est donc garanti dans les évacuations de la série de tuyaux S12.5 / SDR 26 d'un diamètre extérieur de 125 mm.

Tab. 4.1 Débit des conduites d'évacuation et de collecte [l/s] (HD-PE)

Diamètre extérieur DN/OD	Diamètre intérieur DN/ID	Pente longitudinale de la conduite						
		1%	1.5%	2%	3%	4%	5%	6%
Série de tuyaux S12.5 / SDR 26								
125	115.4	20*	20*	20*	20*	20*	20*	20
160	147.6	20*	20*	22	27	32	35	39
Série de tuyaux S 16 / SDR 33								
200	187.6	30	37	42	52	60	67	74
250	234.6	55	65	75	95	110	120	135
315	295.6	100	120	140	175	200	225	245
355	333.2	135	170	195	240	275	305	335
400	375.4	190	230	270	330	380	420	460
450	422.0	260	310	360	440	510	570	630
500	469.0	340	410	480	590	680	760	830
560	525.2	460	560	640	790	910	1020	1120
630	590.8	620	760	880	1080	1240	1390	1520

* Capacité d'écoulement en tenant en tenant compte d'une retenue admissible pour les dérivations d'écoulement

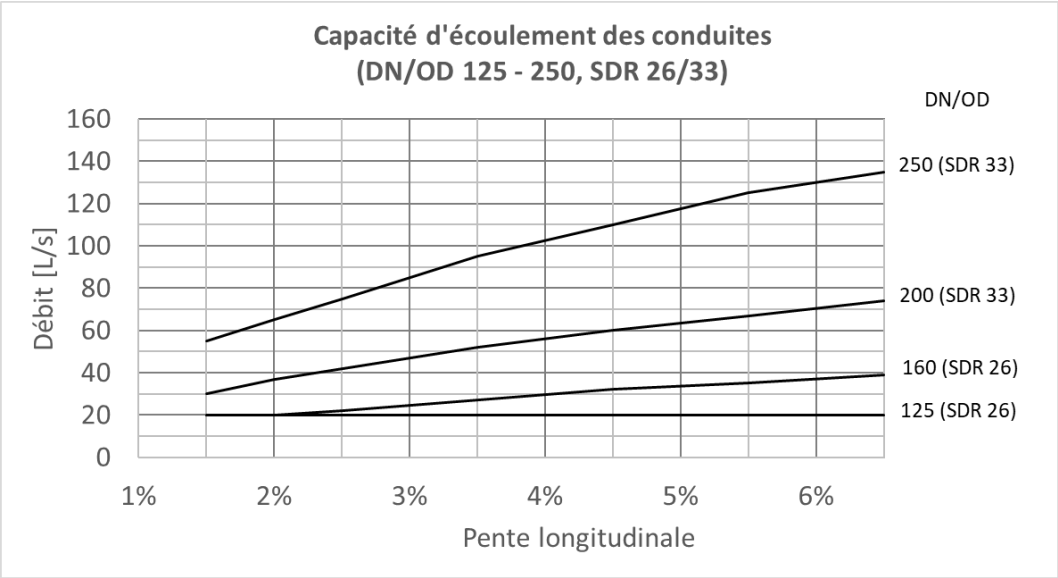


Fig. 4.12 Capacités d'écoulement des conduites DN/OD 125 - 250, avec $k_b = 1\text{ mm}$

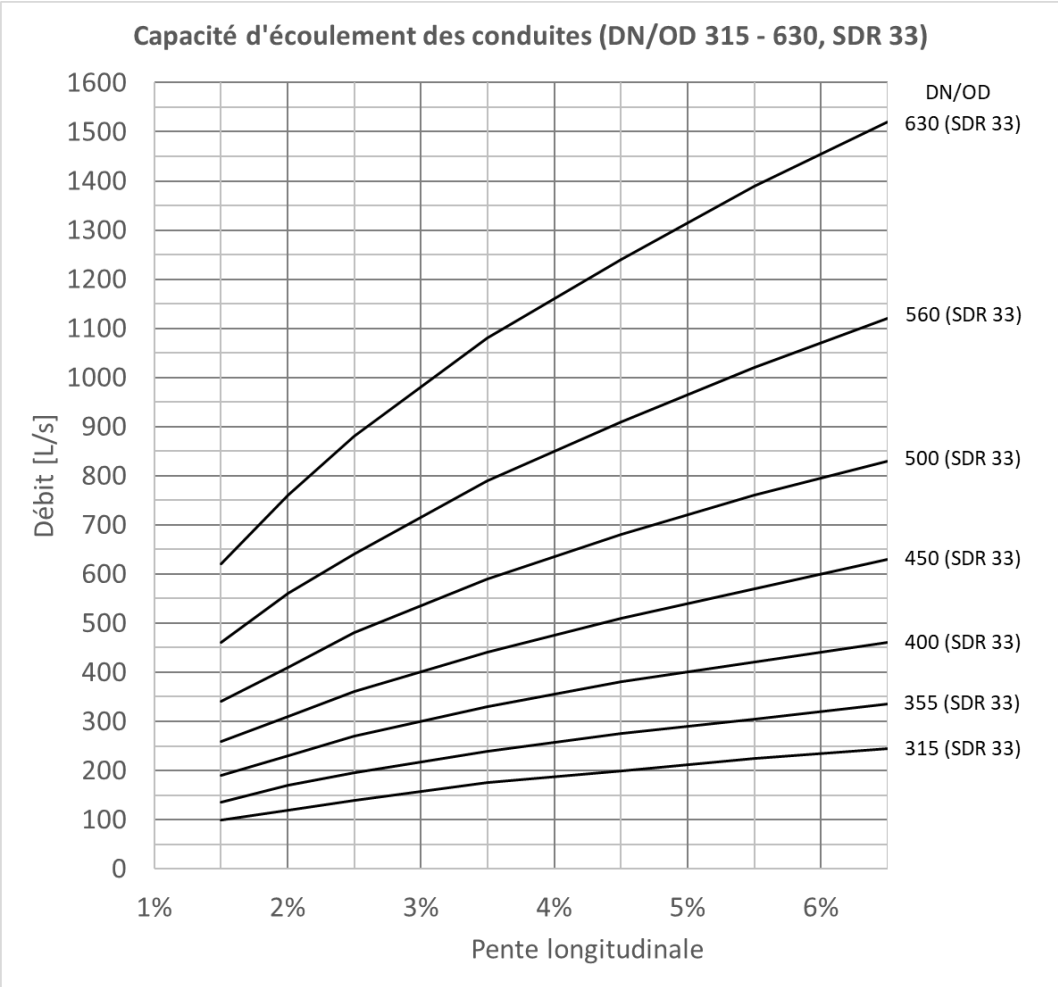


Fig. 4.13 Capacités d'écoulement des conduites DN/OD 315 - 630, avec $k_b = 1\text{ mm}$

4.7.6 Récolte avant un joint de chaussée

Dans le sens d'écoulement des eaux, des avaloirs supplémentaires sont à disposer avant les joints de chaussée et ceci indépendamment de l'étendue du bassin versant déterminant.

L'eau qui s'écoule en amont du pont doit être captée et évacuée avant le pont.

L'eau de chaussée qui serait récoltée dans la bavette d'un joint de chaussée non étanche (p. ex. joint de chaussée à peignes, voir ASTRA 12004, chapitre 2) devrait être évacuée dans le collecteur.

4.8 Evacuation des eaux des caissons

Pour les caissons, les éléments suivants doivent être pris en compte :

- Indépendamment de la présence de tuyaux d'évacuation des eaux, les caissons doivent être drainés dans les points les plus bas de chaque travée par des ouvertures, conformément à la Fig. 4.14.
- Le nombre d'ouvertures doit être limité autant que possible. Les ouvertures remplissent souvent plusieurs fonctions. Ainsi, des ouvertures d'accès peuvent également être utilisées pour l'évacuation des eaux.
- L'aération du caisson nécessite au moins deux ouvertures par cellule. Celle-ci doivent être conçues comme des ouvertures d'écoulement.
- Toutes les ouvertures doivent être équipées de grilles de protection contre les oiseaux.
- Si des conduites d'eau traversent un caisson, les ouvertures d'écoulement doivent être conçues pour permettre un écoulement en cas de dommage.
- Pour les ouvrages de franchissement, l'évacuation des eaux des caissons ne devrait pas se trouver dans la zone des talus ou des lignes électriques, ni au-dessus d'une voie de circulation.

Les cavités non accessibles des ponts existants doivent être pourvues d'ouvertures d'aération et d'évacuation des eaux lors de leur remise en état.

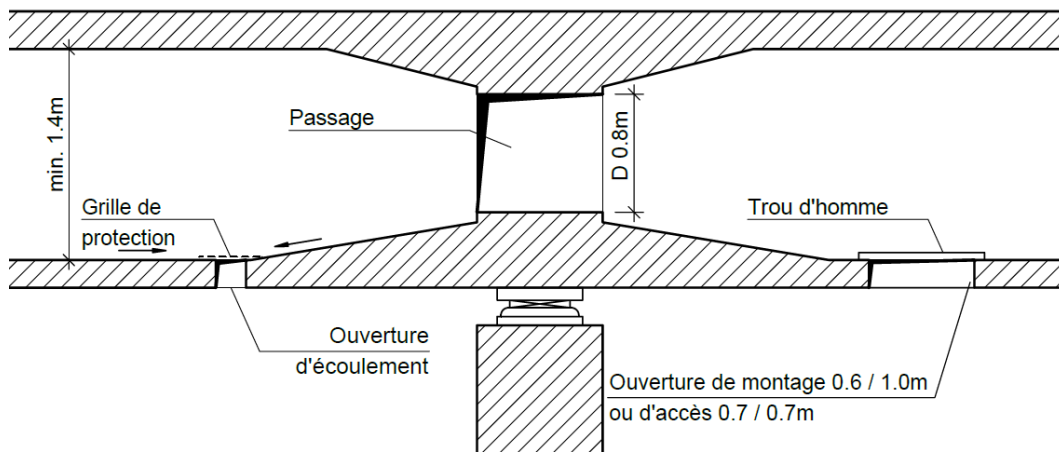


Fig. 4.14 Ouvertures d'évacuation des eaux dans un pont à caisson

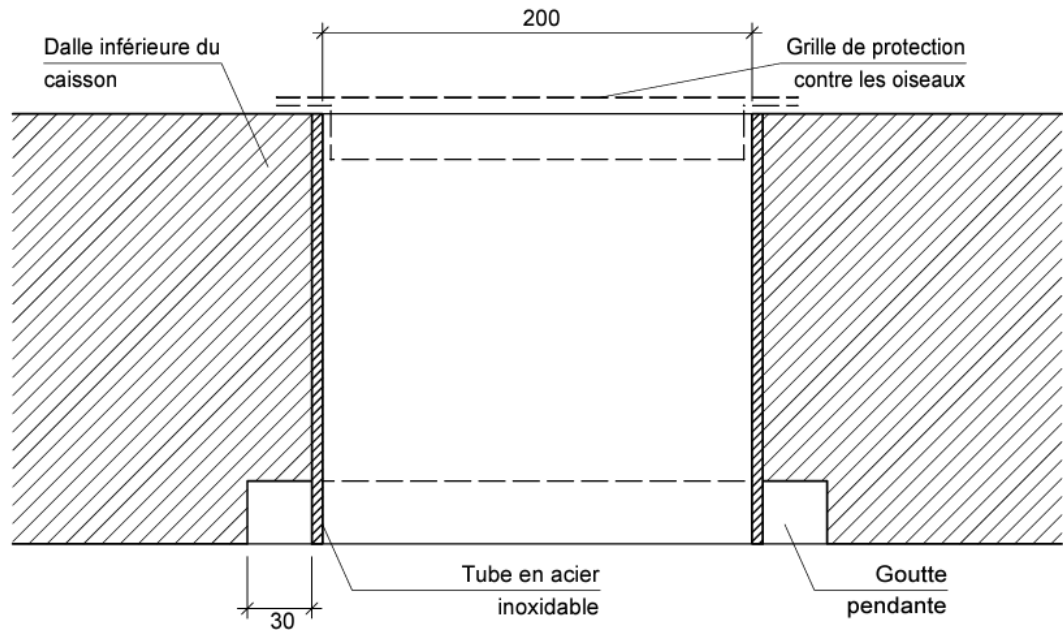


Fig. 4.15 Principe d'évacuation des eaux par une ouverture d'écoulement [dimensions en mm]

4.9 Contrôle de l'exécution et de la qualité

En temps normal, un test de fonctionnement et des observations d'éventuelles fuites suffisent.

Dans les cas particuliers où le potentiel de dommage est élevé, l'étanchéité de l'évacuation des eaux de ponts peut être testée avec de l'air comprimé selon la norme SIA 190. Pour ce faire, tous les puits sont fermés localement et la conduite est mise sous pression avec de l'air comprimé pendant un certain temps. Les mesures sont documentées à l'aide d'un protocole.

Délais de réclamation et de garantie

Il est recommandé de fixer les délais de réclamation et de garantie pour les dispositifs d'évacuation des eaux à 5 ans et de coordonner la date de l'inspection principale avec la période de garantie.

4.10 Maintenance

Lors de l'élaboration du projet, il convient de tenir compte des exigences en matière d'accessibilité pour l'entretien du système d'évacuation des eaux.

La disposition des regards de nettoyage doit tenir compte de l'emplacement du véhicule de curage. Les entraves à la circulation causées par le véhicule de nettoyage doivent être minimisées.

Contrairement aux véhicules de nettoyage ou de déneigement, pour lesquels des véhicules communaux plus petits peuvent être utilisés, le curage du système d'évacuation des ponts doit généralement être effectué par des véhicules hydrocureurs à 5 essieux. Les données suivantes doivent être prises en compte :

- Poids : 40 tonnes
- Dimensions : 12 m de longueur et 2.5 m de largeur
- Hauteur de passage : 4.0 m

La longueur de nettoyage/curage dépend du véhicule utilisé. Dans le cas d'une conduite sans coude, une longueur de nettoyage allant jusqu'à 100 m peut être atteinte dans des cas favorables.

Pour les passerelles dédiées à la mobilité douce qui ne peuvent pas être empruntées par un véhicule de curage lourd, un nettoyage à partir des extrémités du pont est à prévoir.

Après le curage, les conduites doivent être contrôlées pour vérifier qu'elles n'ont pas été endommagées.

4.11 Documentation

Projet de détail (DP) / projet d'intervention (MP)

Le projet de détail / projet d'intervention doit prévoir l'évacuation des eaux du pont avec les indications suivantes :

- Plan du système d'évacuation des eaux avec :
 - Distance entre les écoulements
 - Emplacement des regards de nettoyage ;
 - Le matériau, le diamètre et la pente des conduites d'évacuation des eaux ;
 - Fixations des collecteurs et raccordement aux puits d'évacuation des eaux ;
 - Détails de traversée des culées.
- Rapport technique indiquant l'emplacement du véhicule de nettoyage pendant les opérations de nettoyage/curage ;
- Statique d'exécution avec points d'ancrage et hypothèses de calcul pour les fixations.

Documentation de l'ouvrage réalisé (DOR)

Pour la documentation de l'ouvrage réalisé (DOR), les désignations des produits doivent être complétées.

5 Concept d'évacuation des eaux

5.1 Avaloirs

Les avaloirs doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- Matériau : en règle générale, fonte à graphite sphéroïdal, exceptionnellement, un acier inoxydable de classe de résistance à la corrosion KWK III (par ex. matériau 1.4401) ou alliage supérieur ;
- En trois parties : cuve d'écoulement (tasse) / cadre / grille ;
- Grille : grille à fente avec dispositif anti-soulèvement ;
- Dimensions : env. 300 x 500 mm et bride d'étanchéité.

Les avaloirs de pont sont disponibles avec différentes directions de sortie.

Type de charge

Des avaloirs de classe D400 selon la norme SN EN 124 sont, en principe, à utiliser.

Si l'on peut exclure le risque que les couvercles et les grilles soient traversées à la fois par la circulation normale et par la circulation provisoire lors de futurs travaux de remises en état, des avaloirs de classe C250 peuvent être utilisées.

Capacité d'absorption des écoulements

La capacité d'absorption dépend de la pente transversale et longitudinale ainsi que de la profondeur ou de la largeur du caniveau. Les conditions de test de la capacité d'absorption sont définies dans la norme VSS 40 356 [20]

La capacité d'absorption maximale des avaloirs de pont est généralement d'environ 10 l/s.

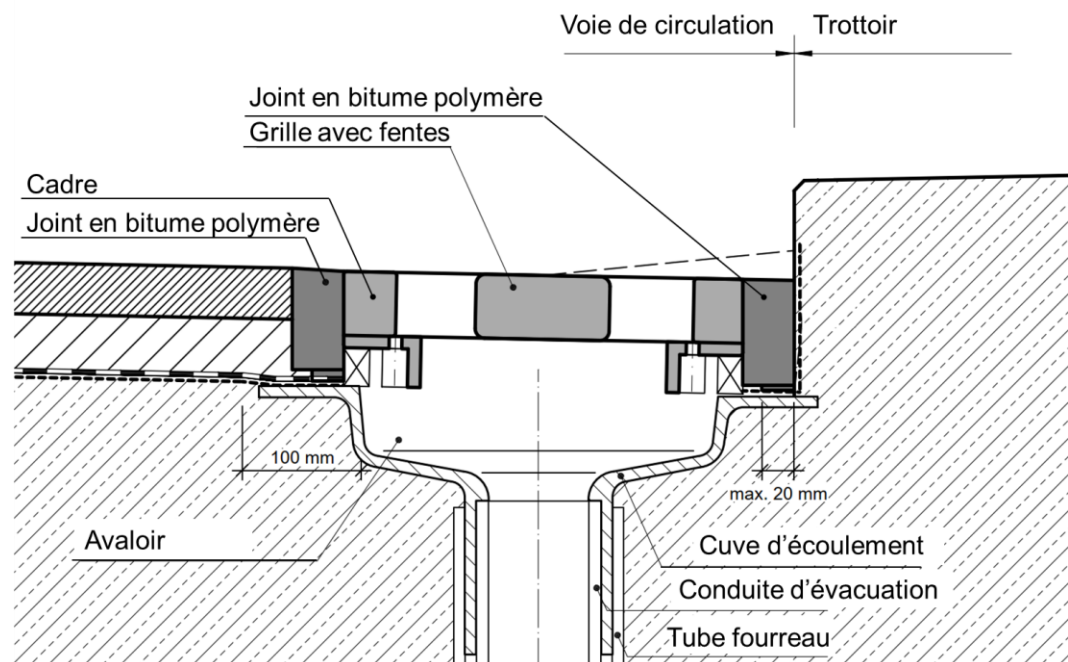


Fig. 5.1 Composants d'un avaloir. Pour plus de détails concernant le revêtement et l'étanchéité -> se référer à la directive ASTRA 12004 chapitre 5

5.2 Cadre et grilles

Dimensions

La longueur et la largeur du cadre (bord intérieur) doivent être de 500 mm x 300 mm et la hauteur du cadre ou la distance entre le bord supérieur du cadre et le support de la grille doit être de 43 mm.

Fentes de grilles

Les dimensions des fentes des grilles sont définies dans la norme SN EN 124-2 [22] en référence à leur classe.

Sur les ponts où circulent les deux-roues légers, des fentes courbes sont à prévoir.

Réglage en hauteur des cadres

Les cadres doivent être adaptables de manière continue aux dévers et profil en long. Des tiges filetées en acier inoxydable sont à poser pour permettre leur réglage.

5.3 Cuve d'écoulement

Hauteur de pose

En raison de la faible épaisseur de la dalle du tablier, la hauteur de pose de la cuve d'écoulement doit être réduite et en cas normal ne pas dépasser 180 mm selon la Fig. 5.2. La hauteur libre entre le fond de cuve d'écoulement et la grille d'entrée doit être suffisamment grande pour éviter toute obturation pendant le fonctionnement.

Le raccordement au tuyau d'évacuation de l'avaloir est à réaliser sans décrochement.

Distance entre le fond de la cuve d'écoulement et la face inférieure de la construction en béton

Pour éviter la formation de fissures dans le béton de la dalle du tablier, la distance minimale entre la face inférieure du tablier et le fond de la cuve d'écoulement doit être de 80 mm au minimum.

Evacuation provisoire des eaux avant la pose du revêtement

Pour que l'évacuation des eaux soit provisoirement assurée avant la pose du revêtement, la grille d'écoulement doit pouvoir être posée dans la cuve d'écoulement.

Indication pour le bétonnage

Pendant le bétonnage, les cuves d'écoulement sont à protéger de l'obturation à l'aide d'un couvercle de protection ou par une grille d'écoulement emballée dans une feuille de plastique. La cuve d'écoulement doit être soigneusement assurée contre la poussée du béton liquide. Des "œilletons" peuvent être ajoutés aux cuves contre ces poussées.

5.3.1 Raccordement de la cuve d'écoulement

Le raccordement de l'avaloir à la conduite de l'avaloir est réalisé par l'introduction de l'extrémité du tuyau dans la sortie de l'avaloir selon la Fig. 5.2. Il est également possible de procéder à une évacuation latérale, conformément à la Fig. 5.3.

Les raccordements de la conduite d'écoulement doivent être placés dans un fourreau.

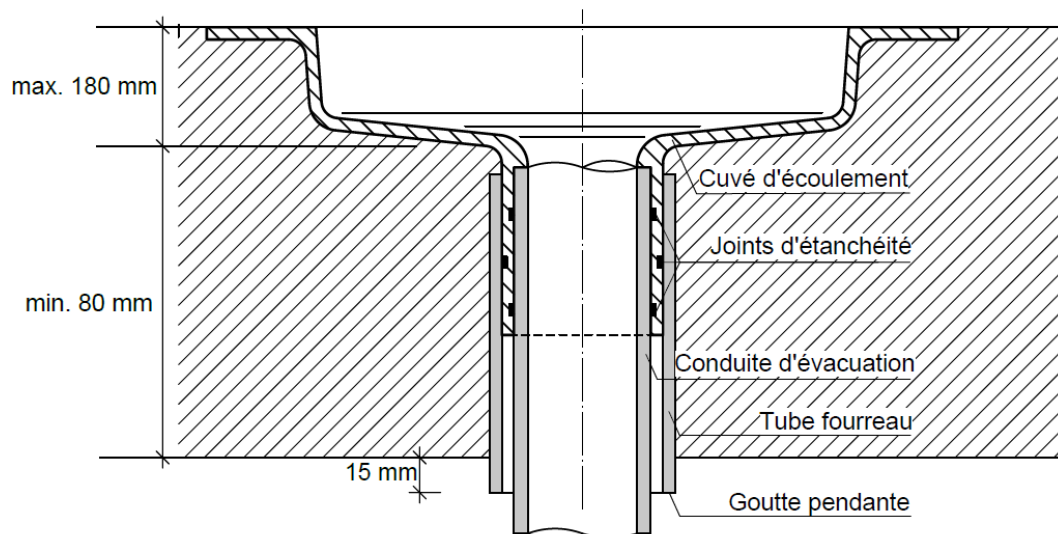


Fig. 5.2 Évacuation verticale : tube fourreau et raccordement de la conduite d'évacuation à la cuve d'écoulement

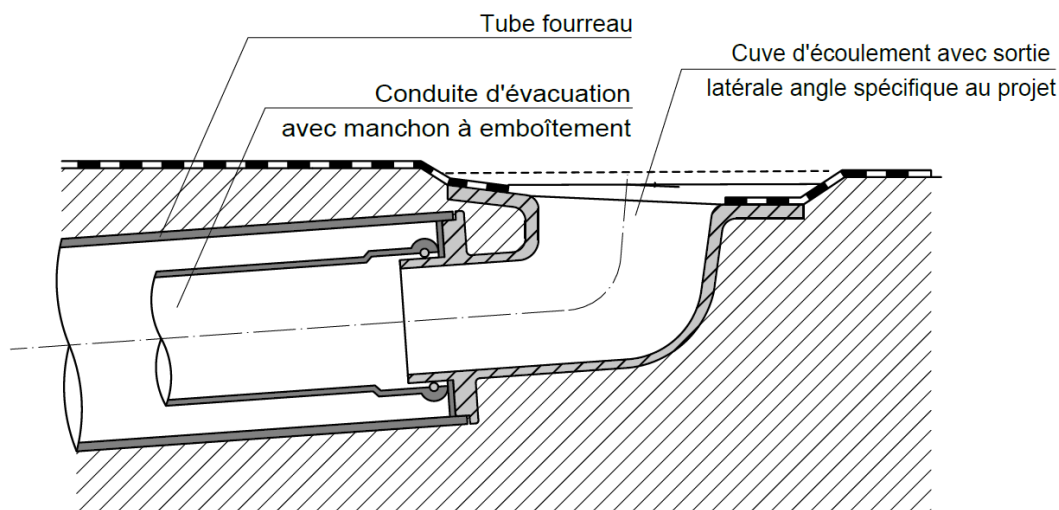


Fig. 5.3 Évacuation latérale : Tube fourreau et de la conduite d'évacuation à la cuve d'écoulement au moyen d'un joint d'étanchéité externe.

5.3.2 Raccordement de l'étanchéité et du revêtement

Le raccordement de l'étanchéité et du revêtement doit être réalisé conformément à la norme ASTRA 12004, chapitre 5, Étanchéité et revêtement. Le raccordement doit être réalisé de manière à empêcher l'eau de s'infiltrer sous l'étanchéité lors du fonctionnement à plein régime du système d'évacuation des eaux ou de l'écoulement.

Les règles suivantes doivent être respectées conformément à la Fig. 5.4:

- La cuve d'écoulement est à réaliser et à disposer de telle sorte que l'étanchéité du pont puisse être raccordée (collée) sur une largeur d'au moins 100 mm.
- Dans le cas d'une étanchéité FLK, l'étanchéité doit être prolongée dans la cuve d'écoulement.
- Le drainage du revêtement dans la cuve d'écoulement doit aussi être assuré dans le cas d'une couche bitumineuse en asphalte coulé. La conception du raccord d'étanchéité doit être conforme à la norme ASTA 12004, chapitre 5.
- Dans le cas de couches bitumineuses, la couche de roulement est à poser légèrement plus haut contre le cadre de la cheminée d'évacuation.

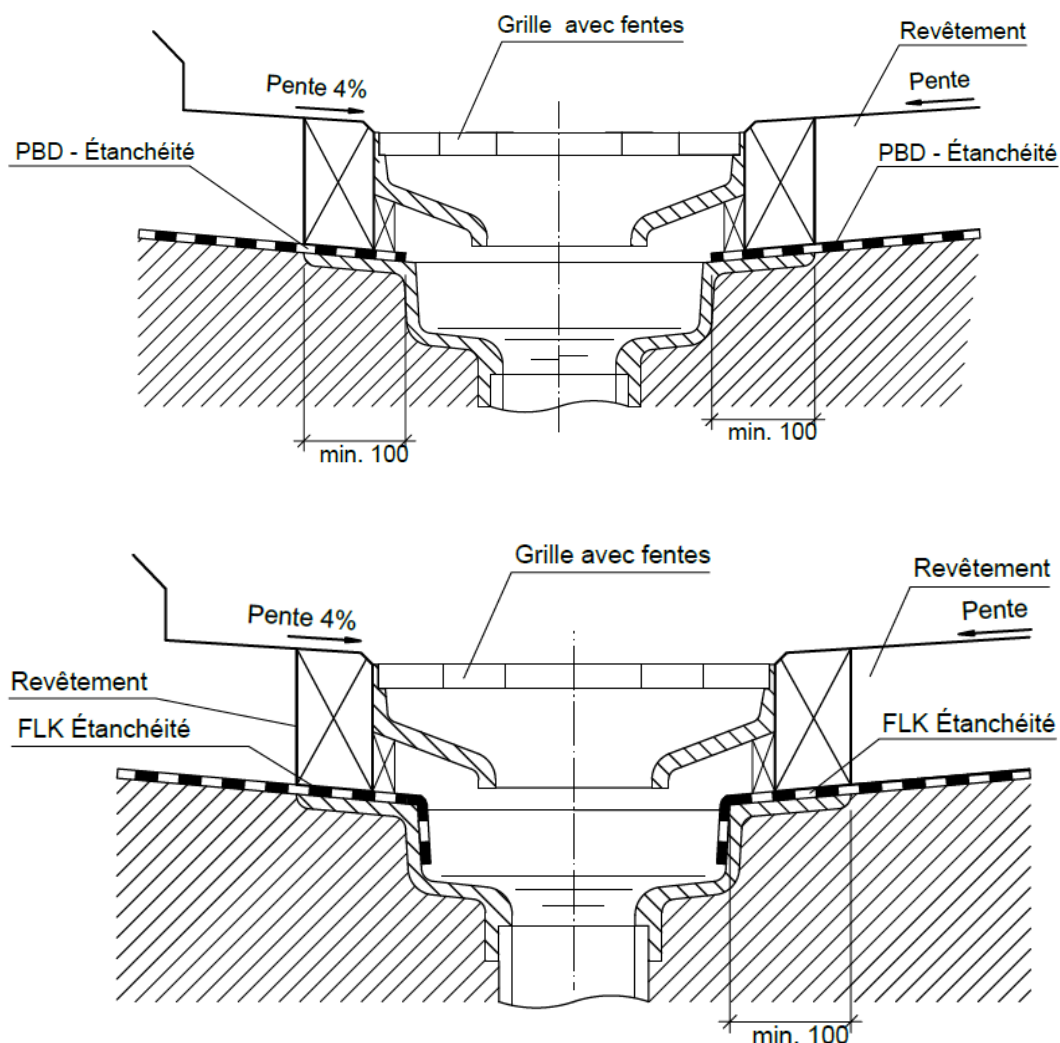


Fig. 5.4 Détail de raccordement de l'étanchéité à la cuve d'écoulement pour une étanchéité PBD ou FLK

5.4 Conduites d'évacuation et de collecte

5.4.1 Raccord des tuyaux

Les tuyaux doivent être lisses avec des raccords satisfaisants les exigences suivantes :

- Les tuyaux en PE-HD des ponts doivent toujours être soudés.
- Les raccords doivent être réalisés avec des soudures bout à bout aux éléments chauffants (HS) ou des manchons électro-soudables (ESM)
- Les tuyaux à emboîtement (manchonné) ne sont pas autorisés dans la construction de conduites suspendues.

D'autres exigences relatives aux raccordements figurent à l'annexe II.

5.4.2 Changements de direction et raccordements au collecteur

Les conduites d'évacuation des avaloirs et des puits de nettoyage sont toujours introduites à 45° dans la conduite principale. Ils sont extrudés directement sur place dans la conduite principale.

Pour éviter les obstructions, il ne faut pas installer de coudes de plus de 45°. Pour un coude à 90°, c'est deux raccords à 45° et un tube intermédiaire droit d'une longueur égale à deux fois le diamètre extérieur qui doivent être utilisés. Si le collecteur est décalé latéralement, il convient d'utiliser si possible des écoulements dont la sortie est inférieure à 45°.

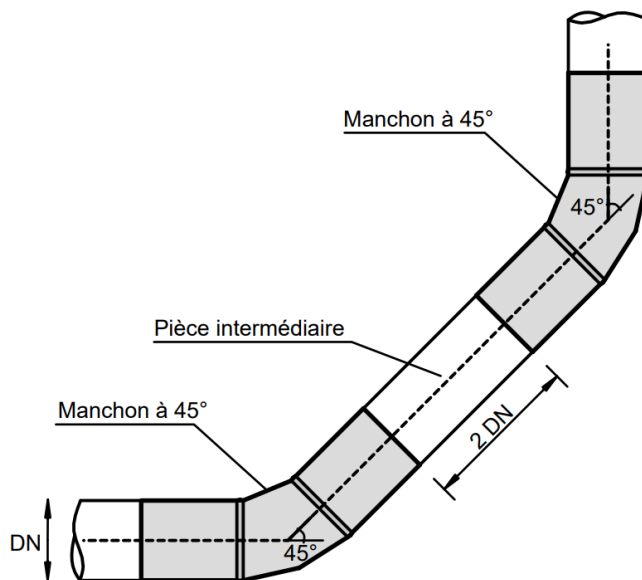


Fig. 5.5 Changement de direction à 90° au moyen de deux coudes à 45 degrés

5.5 Conduite aux extrémités de pont

Des mesures constructives spéciales sont à prendre en compte pour les conduites à proximité des extrémités du pont. Elles doivent permettre de prendre en compte des mouvements différentiels dans le système d'évacuation des eaux lors du passage de la conduite collectrice du pont vers l'évacuation des eaux de la route ou bien vers une conduite de descente.

Il s'agit des mouvements suivants :

- Tassement de la culée ou du remblai ;
- Mouvements horizontaux du pont ;
- Déplacements verticaux différentiels entre la conduite collectrice du pont et le collecteur d'évacuation des eaux de la route suite à des mouvements axiaux du pont et des inclinaisons différentes des collecteurs du pont et de la conduite de la route ;
- Flexion et torsion du pont ;

- Déplacements en cas de charge sismique ;
- Vibration du pont.

La conception détaillée des joints de chaussée est réglée dans la norme ASTRA 12004 chapitre 2. Il convient de noter qu'en présence d'une bavette de récolte des eaux, une ouverture de rinçage latérale doit être disposée et que l'accessibilité pour le nettoyage doit être garantie.

Lors des travaux de réfection, les dépotoirs doivent être placés à l'extérieur des dalles de transition des ponts existants.

Ci-après, des réalisations possibles de la transition de la conduite collectrice au réseau de conduites adjacentes sont proposées.

5.5.1 Transition sans décalages différentiels

La réalisation, à l'aide d'un simple tuyau démontable et d'un manchon de dilatation, est représentée à la Fig. 5.6.

La transition de la conduite collectrice depuis la culée jusqu'à la zone de la route est à examiner en tenant compte des tassements attendus. La conduite située sous la dalle de transition est à placer de façon à éviter l'influence des machines de compactage. La nécessité d'un enrobage en béton est à examiner.

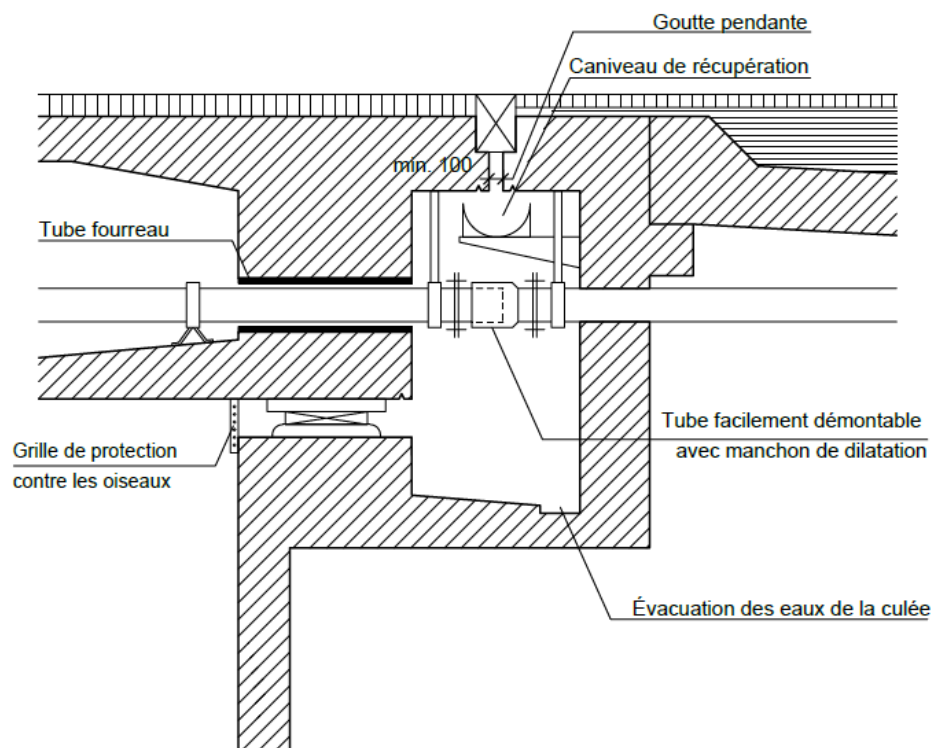


Fig. 5.6 Conduite collectrice traversant la culée avec manchon de dilatation et tube fourreau en PE pour la reprise des déplacements

5.5.2 Transition avec tassements différentiels

Dans le cas de tassements différentiels, la transition peut être réalisée de différentes manières.

Cas 1) Avec manchon de dilatation

La construction est représentée à la Fig. 5.7. Elle est pour l'essentiel identique au cas sans mouvements verticaux et latéraux de la conduite collectrice. Pour la reprise des déplacements latéraux à l'extrémité du collecteur, un tuyau PE dans un tuyau en béton ou bien dans un demi-tuyau en béton devra être posé.

Les déplacements axiaux seront repris par un manchon de dilatation. Les déplacements latéraux seront repris par la flexion des tuyaux.

Pour déterminer la longueur libre des tuyaux (manchon de dilatation - point fixe) les points suivants sont à prendre en considération :

- Plage des déplacements verticaux et latéraux ;
- Rigidité du tuyau PE ;
- Résistance du manchon de dilatation ;
- Pente longitudinale minimale à garantir.

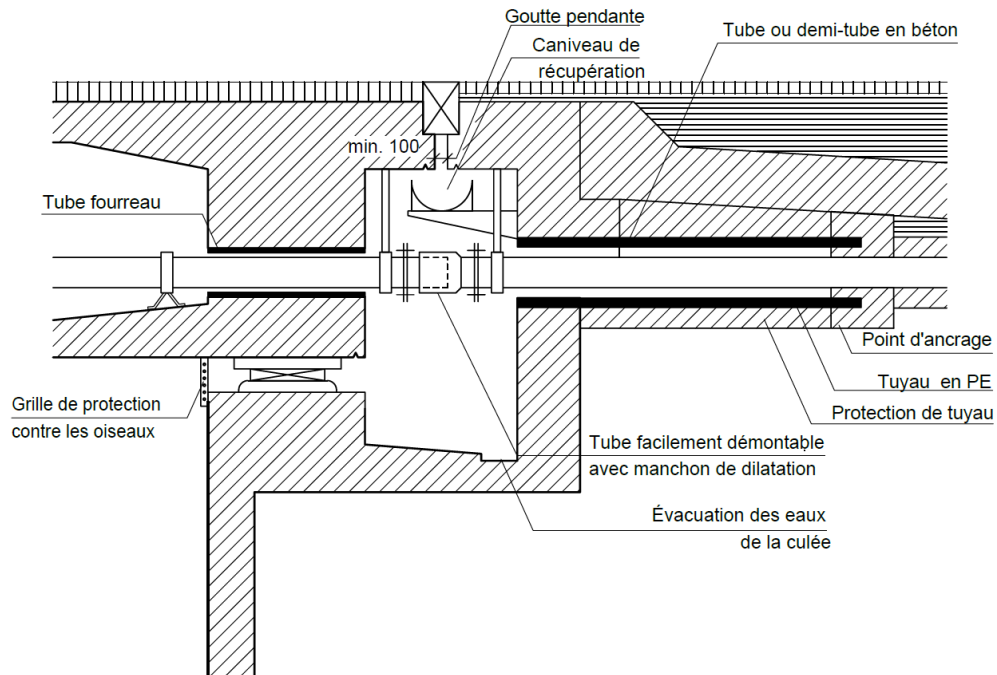


Fig. 5.7 Collecteur à l'extrémité du pont avec manchon de dilatation et tuyau en PE pour la reprise des déplacements

Cas 2) Avec conduite de descente et entonnoir

La construction est représentée à la Fig. 5.8. Le passage du collecteur à la conduite de chute se fait par un coude et un entonnoir qui est recouvert d'un couvercle en deux parties librement déplaçables.

La construction reprend les déplacements dans toutes les directions. La transition est suffisamment étanche à l'air par rapport à la sécurité contre l'incendie, lorsque l'entonnoir est recouvert et que les tolérances habituelles d'exécution sont respectées.

L'entonnoir recouvert dans la partie supérieure possède les avantages suivants :

- Reprise de grands déplacements dans toutes les directions ;
- Etanchement à l'air suffisant de sorte qu'aucune mesure spéciale pour l'étanchéité du système de transition ne soit nécessaire ;
- Construction simple et durable, pouvant être réalisée dans un seul matériau.

Les exigences suivantes sont à prendre en compte :

- La transition (entonnoir) soit réalisée en PE ou en acier inoxydable ;
- L'extrémité de la conduite collectrice doit pénétrer aussi loin dans l'entonnoir qu'aucun jet d'eau ne puisse en sortir. En général, la profondeur d'introduction doit être de 20 cm.

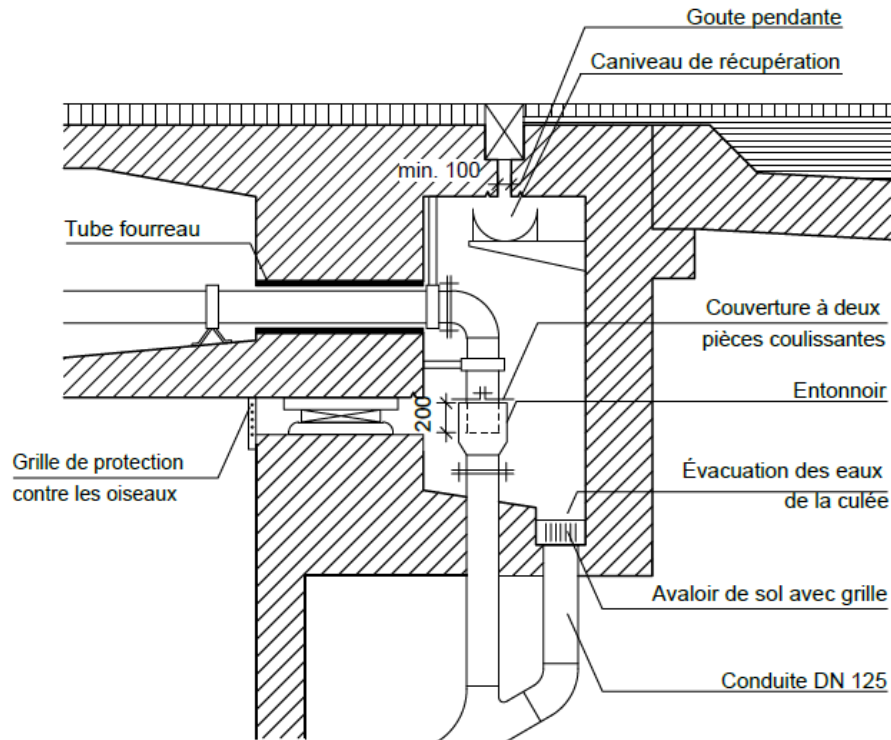


Fig. 5.8 Conduite collectrice à l'extrémité du pont avec entonnoir fermé

Cas 3) Conduite de descente avec un tuyau élastique

La liaison du collecteur avec la conduite de descente se fait à l'aide d'un tuyau élastique (tuyau d'évacuation des eaux du pont). Elle est représentée dans la Fig. 5.9. En général des tuyaux à spirales en caoutchouc avec des manchons lisses sont utilisés. La liaison avec les conduites est faite avec des brides de fixation en acier inoxydable.

Les tuyaux élastiques assurent une liaison complètement étanche à l'air entre le collecteur et la conduite de chute, même si une étanchéité complète n'est pas nécessaire vis-à-vis de la sécurité contre l'incendie.

Il existe des tuyaux en spirale en caoutchouc testés pour une utilisation dans les systèmes d'évacuation des ponts.

Les tuyaux élastiques doivent répondre aux exigences suivantes.

- Abrasion par des matières solides contenues dans l'eau
L'eau qui s'écoule dans les collecteurs des ponts ne passe pas dans des installations de décantation comme par exemple un dépotoir et contient pour cette raison des fractions de pierres grossières. Les raccords de tuyaux doivent dès lors être résistants par rapport à l'abrasion.
- Influences mécaniques des turbulences
Les turbulences se produisent en raison des changements de direction du courant d'eau. Lors de la mise en place de tuyaux de raccordement flexibles, les conduites de chute sont peu aérées. Pour cette raison, des perturbations de l'écoulement de longue durée avec des grandes différences de pression dans le système peuvent se produire. Les tuyaux de raccordement flexibles doivent aussi résister à ces influences.
- Déformation des tuyaux de raccordement
Les tuyaux de raccordement flexibles sont déformés par le déplacement de l'extrémité des conduites collectrices. Ces déformations ne doivent provoquer aucun dégât au tuyau de raccordement et aucune réduction importante de sa durabilité.

- Longueur des tuyaux

Les tuyaux sont posés droits. La longueur des tuyaux sera déterminée sur la base des déformations axiales et latérales du collecteur à l'extrémité du pont ainsi que sur la base des prescriptions du fournisseur et des déformations admissibles données dans le rapport de contrôle.

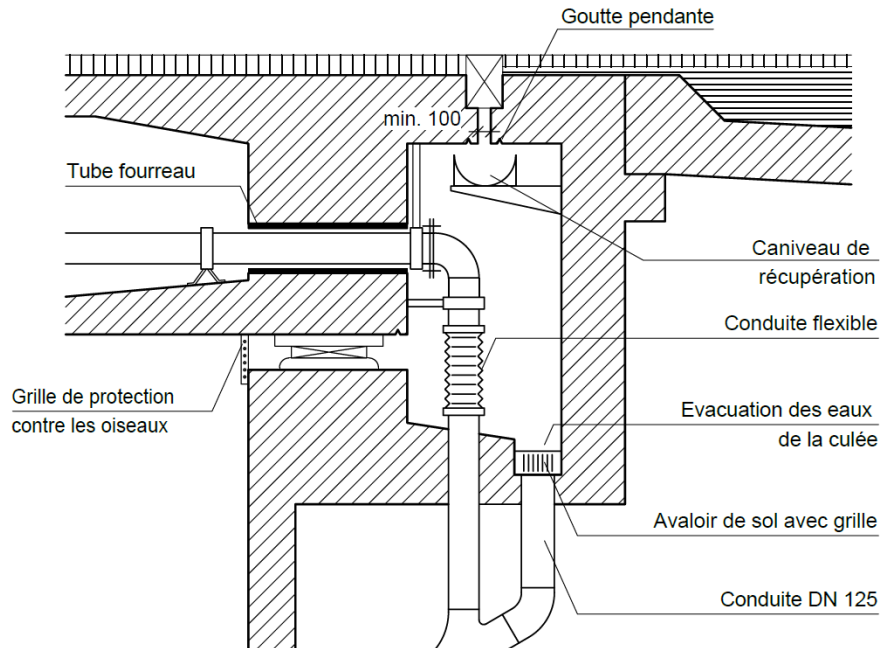


Fig. 5.9 Conduite collectrice à l'extrémité du pont avec tuyau d'évacuation flexible

5.5.3 Pont sans culée

Un exemple de construction avec un dépotoir au droit de la transition entre l'évacuation des eaux du pont et celle de la route est présenté à la Fig. 5.10. Pour permettre les mouvements et la rotation de l'extrémité du pont, le fourreau doit être conçu avec un espace vide d'au moins 50 mm avec la conduite collectrice. Le dépotoir doit, dans la mesure du possible, être placé en dehors d'une voie de circulation.

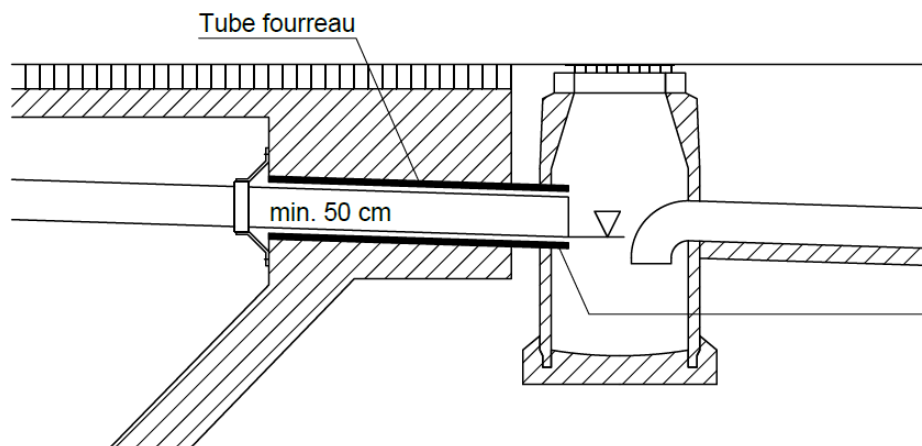


Fig. 5.10 Conduite collectrice à l'extrémité du pont avec un dépotoir

5.5.4 Utilisation d'un compensateur

S'il n'est possible d'absorber les déplacements différentiels dans les tuyaux par les mesures constructives simples mentionnées ci-dessus, il est possible de prévoir un élément de compensation de la dilatation sous la forme d'un compensateur. Les compensateurs peuvent absorber des mouvements axiaux, latéraux ou angulaires. Les compensateurs universels absorbent simultanément tous les mouvements.

Les compensateurs sont coûteux et ne doivent donc être prévus que dans des cas exceptionnels. Le système de canalisation doit être dimensionné en conséquence et les points fixes doivent pouvoir supporter les forces correspondantes du compensateur. Les compensateurs doivent être intégrés dans la conduite PE à l'aide de brides et de colliers à souder. Les compensateurs sont en acier inoxydable.



Fig. 5.11 Compensateur dans la chambre de visite de la culée d'un pont

5.6 Tube fourreaux

Les conduites d'évacuation doivent être placées dans des fourreaux à chaque traversée d'un élément de la structure. Les fourreaux et leurs éléments de fixation doivent être protégés contre les effets des vibrations et de la poussée d'Archimède lors du bétonnage.

5.7 Puits de nettoyage et conduites de nettoyage

Lors du nettoyage des collecteurs, la buse de curage est introduite dans le sens inverse de l'écoulement de l'eau afin de garantir l'écoulement de l'eau. Cela nécessite des regards et des conduites de nettoyage spéciaux. Pour la réalisation, il convient de respecter les indications suivantes :

- La conduite de nettoyage doit être réalisée avec des tuyaux de la série de tuyaux PE S12.5 / SDR 26 d'un diamètre extérieur de 125 mm.
- La conduite de nettoyage doit être réalisée de manière analogue aux conduites d'évacuation en ce qui concerne les raccords de tuyaux et les fixations.
- Pour le puit de nettoyage, il convient d'utiliser une partie inférieure d'écoulement (cuvette et cadre). A la place d'une grille, un couvercle sans fente, carrossable, de la taille d'une grille est à préférer. Le couvercle doit être marqué.

5.8 Systèmes de caniveaux

Les systèmes de caniveaux ont des coûts de réalisation plus élevés que les systèmes d'évacuation des eaux standards (avaloirs avec collecteur). Lors de la remise en état de ponts existants avec des conditions particulières, il peut être judicieux d'utiliser des caniveaux.

Les systèmes de caniveaux sont une alternative appropriée si :

- La pente longitudinale est suffisante ;
- L'emplacement des avaloirs se trouve au droit de la poutre porteuse ;
- Des conflits géométriques entre le collecteur et la structure porteuse ne peuvent être résolus.

Les systèmes de caniveaux ne sont pas adaptés en cas de :

- Présence d'une grande quantité de feuilles mortes.

Exigences relatives au système de caniveau

Les exigences suivantes doivent être prises en compte pour le système de caniveau :

- La configuration géométrique du bord de la route doit garantir que les ouvertures ne puissent pas être endommagées par le service de déneigement.
- Une hauteur minimale de 80 mm doit être garantie pour le nettoyage. La distance entre les puits de nettoyage doit être réduite à 40 m par rapport aux systèmes standards.
- L'étanchéité du pont doit être réalisée de manière continue sous les caniveaux.
- Lors de la réalisation, une attention particulière est à porter aux joints et raccords.
- Tous les couvercles doivent être verrouillés.

Classe de charge

En principe, les exigences sont les mêmes que pour les écoulements (voir paragraphe 5.1)

Matériaux

Les systèmes de caniveaux existent en fonte, en plastique, en béton polymère ou en acier inoxydable. Le matériau approprié doit être choisi en fonction de l'exposition et de la durabilité pendant toute la durée d'utilisation. Une attention particulière doit être accordée à une résistance suffisante au gel et au sel de déneigement ainsi qu'aux produits chimiques.



Fig. 5.12 Système de caniveau pour un pont avec couvercle de rinçage



Fig. 5.13 Système de caniveau pour un pont (photo de chantier)

5.8.1 Exécutions spéciales

En règle générale, il convient de recourir à des produits standards en raison de leur facilité d'entretien.

En cas de conditions contraignantes lors de la remise en état d'un pont, des grilles de dimensions spéciales, etc. peuvent s'avérer nécessaires (par ex. pour éviter le percement des poutres de pont).

En cas d'utilisation de pièces spéciales, les exigences relatives au système d'évacuation des eaux doivent être respectées.

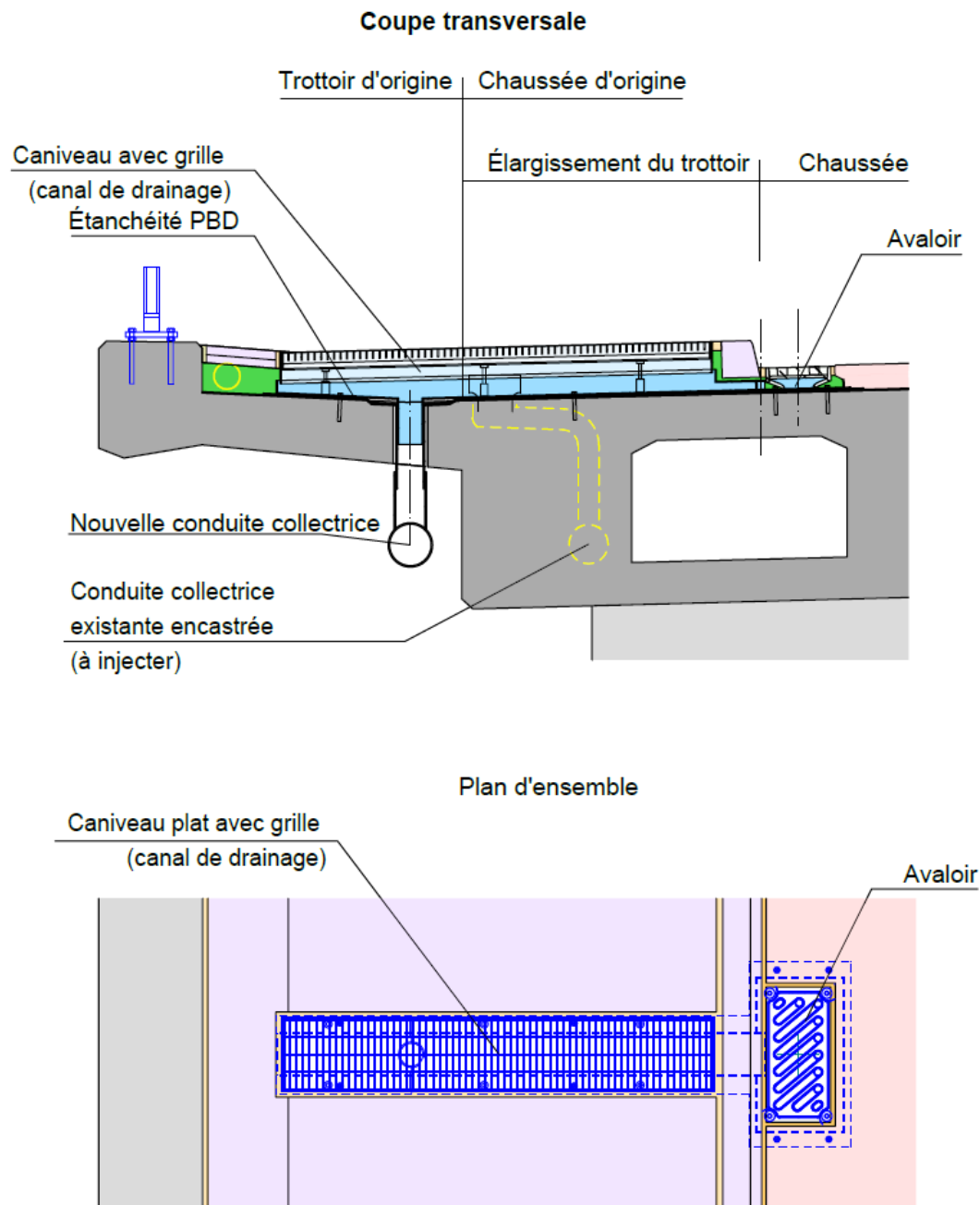


Fig. 5.14 Exemple; fabrication spéciale d'un caniveau en remplacement d'un collecteur existant noyé dans l'âme d'un caisson à la suite d'un élargissement du trottoir.

5.9 Colonne de chute

Pour la réalisation et le dimensionnement des colonnes de chute, les indications suivantes sont à prendre en compte :

- Les conduites de chute doivent être autant rectilignes que possible.
- A l'entrée de la conduite de chute, il s'agit de tenir compte, dans le cadre du dimensionnement, du fait que l'eau arrivant de la conduite collectrice est accélérée. Pour des hauteurs de chute et des quantités d'eau plus faibles, il s'agit donc prévoir pour la conduite de chute le même diamètre intérieur que pour la conduite collectrice placée en amont.
- En aval d'une conduite de chute, il convient de prêter attention au problème de la destruction d'énergie. Si un bassin de retenue est nécessaire, l'embouchure de la conduite de descente doit être endiguée.
- Les colonnes de chute ne doivent généralement pas être ventilées en raison de la sécurité incendie.

5.10 Transition entre l'évacuation des eaux du pont et le collecteur de la route

Contrairement à l'évacuation des eaux de la route, il n'est pas possible de placer des dépotoirs sur les ponts.

Afin d'éviter des dépôts dans le collecteur adjacent de la route, il convient d'examiner la mise en place d'un dépotoir ou d'un dessableur/déboureur. Le Tab. 5.2 sert de base à cette évaluation.

Tab. 5.2 Mesures à prendre entre l'évacuation des eaux du pont et le collecteur de la route

Type de route	Pente du collecteur de la route qui s'y raccorde	Surface du tablier de pont drainé	Mesure de construction
Autoroute / routes nationales	Non déterminant	Non déterminant	Chambre de visite
Autres routes	> 3%	Non déterminant	Chambre de visite
	< 3%	> 2000 m ²	Projet spécial dessableur/déboureur
		< 2000 m ²	Dépotoir

5.11 Risques d'incendie et d'explosion

La fréquence des incendies ou des explosions dans les systèmes d'évacuations des eaux des ponts est extrêmement faible.

Des mesures de sécurité particulières ne sont donc en principe pas nécessaires. Dans des cas exceptionnels, des mesures de sécurité doivent être envisagées, par exemple :

- Pour les conduites de chute de très grande hauteur et de grande section ;
- Pour les conduites dans les caissons, dont la sécurité structurale pourrait être compromise par un incendie ;
- Pour les ponts situés dans des zones d'habitation denses.

Si les conduites existantes d'évacuation des eaux dans les caissons, les piliers ou les fondations des ponts ne peuvent pas être enlevées, des mesures appropriées pour la protection de la structure doivent être envisagées au cas par cas (décharges de pression d'explosion, siphon coupe-feu, etc.).

La mesure de protection contre l'incendie la plus efficace consiste à limiter l'arrivée d'air dans la conduite, par exemple avec :

- Raccordement étanche à l'air entre le collecteur et la colonne de chute ;
- Siphon au pied des colonnes de chute.

Dans des cas spéciaux, par exemple pour des conduites dans un caisson, où un incendie pourrait compromettre la sécurité structurale, les conduites doivent être munies de siphon coupe-feu et être réalisée dans un matériau non combustible pour réduire la charge d'incendie (par exemple PRV).

Dans les puits de chute à vortex, l'apport d'air ne peut pas être limité. Les puits de chute à vortex doivent donc être situés à l'extérieur des éléments de construction dont la stabilité structurale pourrait être menacée en cas d'incendie.

La nécessité de mesures de sécurité doit être examinée sur la base d'un calcul de proportionnalité.

6 Lignes de télécommunication et d'électricité

6.1 Principes

Les conduites et câbles de tels réseaux sont toujours posés dans les ponts à l'intérieur de tubes pour câbles ou sur des chemins de câbles. Ils doivent être munis d'une gaine synthétique. Les indications sur les espaces libres entre les tubes des deux réseaux se trouvent au chiffre 3.4 ainsi que dans la prénorme SIA 205 [14].

Taille des tubes pour câbles

DN 120 (DN/OD = 132 mm, DN/ID = 120 mm), sauf indication contraire.

Corde de tirage de câbles

Une corde de tirage de câbles doit être insérée dans chaque tube et sécurisée aux extrémités afin d'éviter tout retrait involontaire. Les cordes de tirage de câbles doivent présenter une force de rupture suffisante et être durables.

Calibrage

Le calibrage des tubes à l'air libre n'est pas indispensable.

Poids des câbles

Le poids des câble à prendre en compte pour chaque tube est de 5 kg/m' (4 – 6 kg/m').

Assèchement des tubes pour câbles

Pour garantir un bon assèchement, les points bas doivent être évités. Si cela s'avère inévitable, un système de drainage doit être prévu à ces emplacements.

Points fixes

A chaque extrémité le tube ou la batterie de tubes doit être munie d'un point fixe. Chaque tube d'une batterie doit être tenu au moyen de bagues de serrage.

Mouvements différentiels

Pour permettre des mouvements différentiels, des manchons de dilatation sont à prévoir, idéalement dans les culées et de manière visible.

Gaines dans la zone de la culée et sous la dalle de transition

Des gaines doivent être posées depuis la culée jusqu'à l'extrémité des dalles de transition.

6.2 Disposition dans la section transversale du pont

La disposition des lignes de télécommunication et d'électricité en fonction du type de pont est la suivante (voir également le paragraphe 3.3) :

- Pont à caisson
A l'intérieur du caisson, sur le côté du caisson ou sous les porte-à-faux
- Pont à poutres
Entre les poutres ou sous les porte-à-faux
- Pont dalle
Sous les porte-à-faux
- Ponts avec trottoirs et étanchéité continue

Dans le béton de remplissage des trottoirs, en tenant compte du paragraphe 6.3.

6.3 Disposition dans le béton de remplissage des trottoirs

Les indications suivantes doivent être respectées lors d'une disposition des tubes pour câbles dans le béton de remplissage (cf. aussi Fig. 3.4) de trottoirs :

- Les tubes pour câbles doivent être disposés de manière qu'aucun point bas ne se forme dans ceux-ci ;
- La distance latérale entre les tubes pour câble et l'extrémité du porte-à-faux ou la bordure ainsi que la distance entre les tubes doivent être d'au moins 10 cm ;
- L'enrobage de béton doit être d'au moins 5 cm. La Fig. 3.4 montre une disposition possible des câbles dans le béton de remplissage des trottoirs. Afin d'éviter l'endommagement des tubes pour câbles, le recouvrement de béton doit être de 8 cm dans la zone du trottoir ;
- Les câbles haute tension > 50 kV ne doivent pas être installés dans les trottoirs ;
- Dans les trottoirs, les tubes pour câbles en acier doivent être choisis en fonction de leur matériau et de leur protection de surface, de manière à garantir leur résistance à la corrosion.

7 Conduites de gaz

Les indications suivantes concernent les conduites de gaz pour le gaz naturel.

7.1 Principes

L'approvisionnement en gaz à haute pression > 5 bars est soumis à la haute surveillance technique de l'inspection fédérale des pipelines (ERI), qui prescrit, par le biais de la directive ERI [29], la planification, la construction et l'exploitation d'installation de pipelines avec des pressions > 5 bars.

Dans les nouvelles constructions, la directive ERI n'autorise en principe plus de franchissement de cours d'eau pour des pressions > 5 bars. Des exceptions peuvent toutefois encore être demandées.

En Suisse, dans le domaine de la haute pression > 5 bars, il y a des franchissements ou des traversées pour environ 100 ouvrages spéciaux. Dans une cinquantaine de cas, il s'agit de ponts, parfois avec des très faibles portées.

Il n'existe pas de prescriptions parasismiques spécifiques pour la plage de pression ≤ 5 bars, bien que l'expérience montre que c'est précisément cette plage qui présente la plus grande vulnérabilité aux séismes [42].

7.2 Disposition dans la section transversale du pont

Le tracé de la conduite dans la section du pont doit être convenu avec le propriétaire de l'ouvrage et le concepteur de la conduite.

La disposition des conduites de gaz en fonction du type de pont est la suivante (voir également le paragraphe 3.3) :

- Pont à caisson
Sous les porte-à-faux et uniquement dans des cas particuliers dans ou sur le côté du caisson.
- Pont à poutres
Entre les poutres ou sous les porte-à-faux.
- Pont dalle
Sous les porte-à-faux.

Disposition dans des caissons

Il convient de respecter les consignes suivantes, pour le passage de conduites de gaz à l'intérieur des caissons :

- La mise en place d'une conduite de gaz à l'intérieur d'un caisson ne doit être faite que dans des cas exceptionnels. L'admissibilité d'une conduite de gaz à l'intérieur d'un caisson de pont doit être examinée individuellement en tenant compte des dangers et des dispositions alternatives.
- Des mesures de sécurité doivent être évaluées et planifiées.

Pour les ponts existants, la possibilité de placer la conduite de gaz en dehors du caisson est à évaluer lors des interventions.

7.3 Mesures de sécurité

Les mesures de sécurité générales suivantes doivent être respectées :

- Des vannes de sécurité doivent être installées à chaque extrémité du pont, en dehors de la zone des culées ;
- Il convient de vérifier la nécessité de mesures de sécurité concernant les séismes, les vibrations ou les effets thermiques ;
- En cas de disposition à l'extérieur de la structure, il n'y a en général pas de risque d'incendie ou d'explosion après un séisme, car le gaz naturel se volatilise.

Sécurité parasismique

Pour la sécurité parasismique, les indications suivantes sont à prendre compte :

- La RLSV [2] prescrit la protection contre les effets des tremblements de terre pour les installations de conduites avec une pression de service > 5 bars.
- Selon la directive ERI, les ponts avec des conduites de gaz > 5 bars doivent remplir la classe d'ouvrage CO III selon SIA 261. Il est recommandé de satisfaire cette exigence également pour les conduites de gaz < 5 bars.
- Des déplacements différentiels significatifs sont possibles au niveau des culées ou dans le cas d'un sol de fondation non homogène. Il convient d'examiner les mesures à prendre et de les coordonner avec les exploitants.
- Pour le passage des murs de culée, il est possible d'utiliser des joints d'étanchéité annulaire en cas de risque de déplacement différentiels. La conduite est alors maintenue de manière centrée à travers un tube de protection d'un diamètre supérieur. Il est également possible d'utiliser des compensateurs (voir paragraphe 5.5.3)

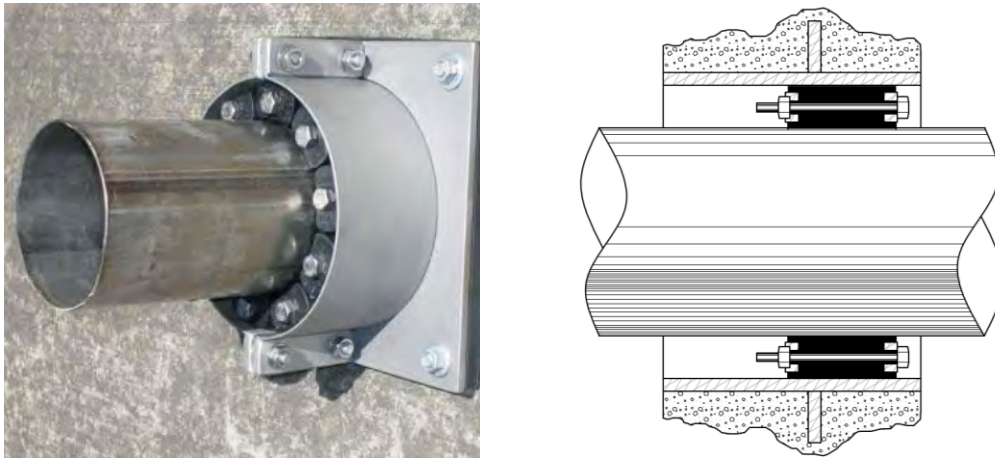


Fig. 7.1 Photo et schéma de principe d'un joint d'étanchéité annulaire

8 Chauffage urbain et conduites d'eaux usées

Le tracé des conduites doit être choisi conformément au paragraphe 2 de manière à permettre la surveillance et l'entretien des ponts. La durabilité de la structure porteuse du pont doit être garantie.

Le tracé de la conduite dans la section du pont doit être convenu avec le propriétaire de l'ouvrage et le concepteur de la conduite. La disposition d'une conduite tierce à l'intérieur de caissons est autorisée avec un système de doubles tuyaux, pour autant qu'ils ne transportent pas d'eau de chaussée contenant des chlorures.

Les dispositions de la section 2 s'appliquent aux suspensions de conduite.

Vannes d'extrémité

Pour les travaux d'entretien, des vannes doivent être installées aux extrémités du pont, en dehors de la zone de culée.

Conduites de chauffage à distance

Les indications relatives aux conduites d'évacuation des eaux s'appliquent par analogie aux conduites de transit de chaleur à distance.

Il convient toutefois de considérer les dangers particuliers d'un écoulement d'eau chaude ou d'une fuite de vapeur lors d'une rupture de conduite ou d'une fuite.

Eaux usées

Les indications relatives aux conduites d'évacuation s'appliquent par analogie aux conduites de transit des eaux usées.

Annexes

I	Dimensionnement des fixations	55
I.1.1	Valeurs de calcul	55
I.1.2	Détermination de l'espacement des suspensions.....	55
I.1.3	Détermination pour les tuyauteries à fixation axiale	56
II	Exigences de soudage des tubes en PE	58
II.1	Soudage bout à bout par élément chauffant (HS)	59
II.1.1	Préparation de soudage	59
II.1.2	Exécution du soudage.....	60
II.2	Soudage avec manchons électrosoudables / soudage de manchons chauffants HM	62
III	Principes de base pour l'évacuation des eaux des ponts.	63
III.1	Calcul du bassin versant maximal d'un pont.....	63
III.1.1	Bases de calcul	63
III.1.2	Capacité de performance des processus	63
III.1.3	Calcul de débit.....	64
III.1.4	Diagrammes pour la détermination du bassin versant.....	67
III.2	Recommandation pour les ponts larges	68
III.2.1	Diagramme de la dépendance du dévers	69

I Dimensionnement des fixations

Cette annexe sert d'aide pour le calcul de la fixation des conduites, pour la vérification des tensions admissibles et pour la détermination des points fixes.

Pour plus de détails, se référer aux directives DVS 2205-1 et 2210-1.

I.1.1 Valeurs de calcul

Valeurs de calcul recommandées des tuyaux en PE 80 sur les ponts :

E_c	=	230 N/mm ²	à $t = 30$ °C longue durée (charge de 25 ans)
$E_{c100min}$	=	50 N/mm ²	à $t = 30$ °C court terme (100 minutes)

I.1.2 Détermination de l'espacement des suspensions

Les distances entre les suspensions L_A doivent être déterminées en respectant la contrainte de flexion admissible et en limitant la flexion de la section de tuyau. Comme valeur approximative de la flexion admissible, on peut prendre entre $L_A/500$ et $L_A/750$. Il en résulte la portée admissible pour la distance des suspensions :

$$L_A = f_{LA} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_c \cdot I_R}{q}} \quad \text{Eq. (I.1)}$$

Avec:

L_A	Distance admissible des suspensions
f_{LA}	Facteur pour la flexion ¹⁾
E_c	Module d'élasticité pour $t = 25$ a [N/mm ²]
I_R	Moment d'inertie du tube [mm ⁴]
q	Charge linéaire résultant du poids du tube, du remplissage et du poids supplémentaire [N/mm]

¹⁾ f_{LA} dépend du diamètre du tube (0.8 – 0.92). Une valeur approximative de 0,86 peut être considérée.

Les valeurs usuelles de distance entre les suspensions des tubes en PE en fonction du diamètre et de la température sont indiquées dans le Tab. I.1.

Il convient de noter que dans le cas de conduites fixées des deux côtés, la résistance à la flexion doit également être vérifiée.

Tab. I.1 Longueurs d'étalement recommandées pour les tubes en PE (PE 80 - PE 100)

Diamètre extérieur du tube DN / OD	Diamètre nominal du tube	Distance entre les suspensions (L _A) en [mm] pour différentes températures de paroi (T _R) :				
Mm	DN	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
16	10	500	450	450	400	350
20	15	575	550	500	450	400
25	20	650	600	550	550	500
32	25	750	750	650	650	550
40	32	900	850	750	750	650
63	50	1200	1150	1050	1000	900
75	65	1350	1300	1200	1100	1000
90	80	1500	1450	1350	1250	1150
110	100	1650	1600	1500	1450	1300
125		1750	1700	1600	1550	1400
140	125	1900	1850	1750	1650	1500
160	150	2050	1950	1850	1750	1600
180		2150	2050	1950	1850	1750
200	200	2300	2200	2100	2000	1900
225		2450	22350	2250	2150	2050
250	250	2600	2500	2400	2300	2100
280		2750	2650	2550	2400	2200
315	300	2900	2800	2700	2550	2350
355	350	3100	3000	2900	2750	2550
400	400	3300	3150	3050	2900	2700

I.1.3 Détermination pour les tuyauteries à fixation axiale

Si les tubes sont maintenus de manière qu’aucun mouvement axial ne soit possible, la longueur critique de flambage doit être considérée afin de garantir la résistance structurelle.

La longueur du tronçon doit présenter une résistance au flambage de S_{k,min} = 2.0.

Si la distance requise entre les points de fixations L_F est inférieur à la distance entre les suspensions L_A selon l’équation 1, alors L_A doit être égal à L_F.

$$L_A \leq erf(L_F) = 3.17 \cdot \sqrt{\frac{I_R}{A_R \cdot \varepsilon}}$$

Eq. (I.2)

- Avec
- L_F

I_R

A_R

ε

Distance requise entre les paliers de guidages [mm]

Moment d’inertie du tube [mm⁴]

Surface de la section du tube [mm²]

Allongement

Si des tubes à bride axiale sont utilisés à des températures élevées, la distance entre les suspensions L_F calculée selon l'équation 1 doit être réduite de 20%. Les températures de service à considérer comme élevées sont indiquées, voir Tab. I.2.

Tab. I.2 Températures de service élevées dans les tuyaux en plastique

Matériau	PE	PP	PVDF	PVC-C	PVC-U
Température	> 45 °C	> 60 °C	> 100 °C	> 80 °C	> 40 °C

Le Tab. I.3 permet de déterminer les distances entre les fixations.

Tab. I.3 Distances recommandées entre les fixations pour les tubes PE80 - PE100

Diamètre extérieur du tube DN / OD	Diamètre nominal du tube	Valeurs caractéristiques pour les distances entre les guides (L_F) en [mm] en fonction de l'allongement ε [-]								
		0.001	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.015	0.020
16	10	505	355	250	205	175	160	145	130	110
20	15	645	455	320	260	225	200	185	165	140
25	20	805	570	400	330	285	255	230	205	180
32	25	1030	730	515	420	365	325	295	265	230
40	32	1290	910	645	525	455	405	370	330	285
50	40	1615	1140	805	660	570	510	465	415	360
63	50	2035	1440	1015	830	720	640	585	525	445
75	65	2425	1715	1210	990	855	765	700	625	540
90	80	2910	2060	1455	1185	1030	920	840	750	650
110	100	3560	2515	1780	1450	1255	1125	1025	915	795
125		4045	2860	2020	1650	1430	1275	1165	1040	900
140	125	4530	3200	2265	1845	1600	1430	1305	1165	1010
160	150	5175	3660	2585	2110	1830	1635	1495	1335	1155
180		5825	4120	2910	2375	2060	1840	1680	1500	1300
200	200	6475	4575	3235	2640	2285	2045	1865	1670	1445
225		7280	5150	3640	2970	2575	2300	2100	1880	1625
250	250	8090	5720	4045	3300	2860	2555	2335	2085	1805
280		9065	6405	4530	3700	3200	2865	2615	2340	2025
315	300	10195	7210	5095	4160	3605	3220	2940	2630	2280
355	350	11495	8125	5745	4690	4060	3635	3315	2965	2570
400	400	19250	9155	6475	5285	4575	4095	3735	3340	2895

II Exigences de soudage des tubes en PE

Les explications suivantes présentent la procédure de soudage des tubes en PE. Elles visent à favoriser la compréhension fondamentale du processus. Pour une description complète, veuillez-vous référer à la DVS 2207-1.

PE 80

La soudabilité du PE 80 est de 0,3 à 1,7 g/10 mm dans la plage de fusion MFR 190/50 (DVS 2207-1, chapitre 1)

En raison des propriétés de PE, les paramètres suivants doivent être harmonisés entre eux :

- Temps (en raison de la faible conductivité thermique) ;
- Température (destruction thermique à 280 °C) ;
- Pression (consistance du PE à la température de soudage).

Pour le soudage du PE, deux variantes sont recommandées :

- Soudage par fusion bout à bout (HS) ;
- Soudage par manchons électrosoudables / soudage par manchons chauffants (HM).

Les procédures sont décrites ci-dessous.

Exigences générales

La zone à souder doit être protégée des conditions météorologiques défavorables (p. ex. humidité, vent, rayonnement solaire excessif et températures inférieures à + 5 °C).

Si les mesures appropriées sont prises pour maintenir la paroi de tuyau à une température uniforme et suffisante pour le soudage, celui-ci peut être effectué à n'importe quelle température ambiante. Les mesures à prendre sont les suivantes :

- Préchauffage ;
- Protéger la pièce ;
- Chauffer.

Par temps ensoleillé, il est possible d'équilibrer la température de la paroi d'un tube chauffé de manière irrégulière en couvrant à temps le joint. Pour éviter que le tube ne se refroidisse sous l'effet du vent pendant le soudage, il convient de sceller les extrémités libres du tube. La propreté et l'absence de graisse des surfaces d'assemblage ainsi que des outils et des éléments chauffants sont d'une importance décisive pour la réalisation d'assemblages soudés parfaits.

II.1 Soudage bout à bout par élément chauffant (HS)

Lors du soudage bout à bout à élément chauffant, les surfaces de jonction des pièces sont alignées sous pression sur l'élément chauffant, puis chauffées à la température de soudage sous pression réduite et assemblées sous pression après retrait de l'élément chauffant.

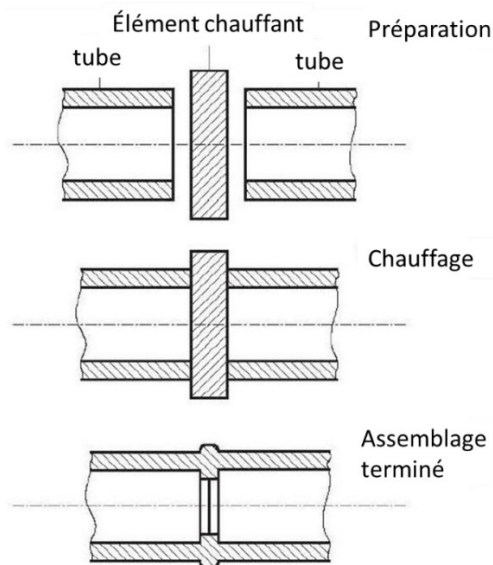


Fig. II.1 Déroulement schématique du soudage bout à bout par élément chauffant

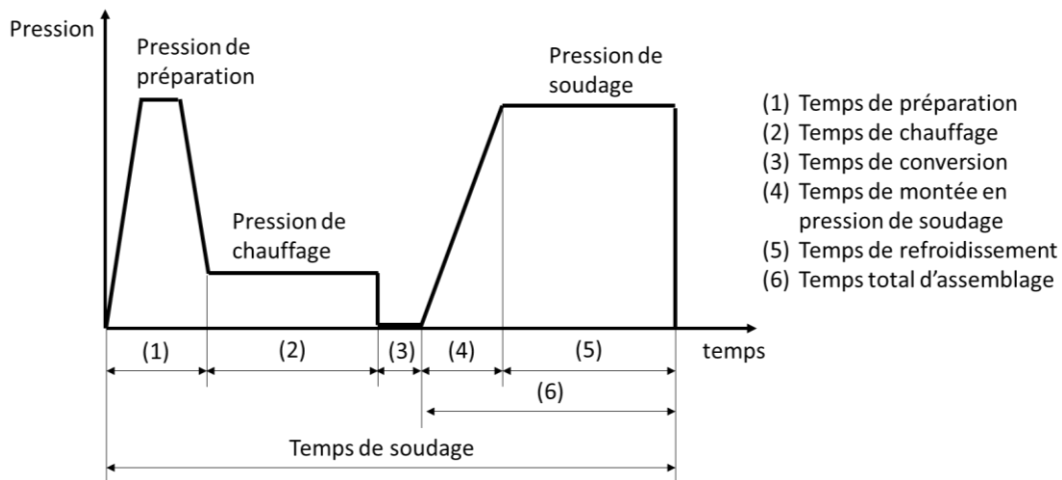


Fig. II.2 Étapes du processus de soudage bout à bout par élément chauffant

II.1.1 Préparation de soudage

Les épaisseurs nominales des pièces à souder doivent correspondre dans la zone d'assemblage.

Les pièces doivent être correctement alignées. Les pièces à souder doivent pouvoir être déplacées dans le sens de la longueur, par exemple à l'aide de supports à rouleaux réglables.

Les surfaces à souder doivent être rabotées après la fixation. Les éventuels copeaux tombés à l'intérieur du tube doivent être éliminés à l'aide d'un outil. Les surfaces à souder ne doivent en aucun cas être touchées avec la main.

Ensuite, le parallélisme des surfaces à souder doit être vérifié. Le jeu admissible entre les surfaces à souder est indiqué dans le Tab. II.1 et doit être contrôlé. Le décalage est limité à 10% de l'épaisseur de la paroi et il ne devrait pas excéder 5 mm (recommandation : 2 mm). Si c'est le cas, il s'agit de compenser l'épaisseur de la paroi au niveau du cordon de soudure par enlèvement de matière.

Tab. II.1 Largeur maximale de la fente avant le soudage

Diamètre extérieur du tube [mm]	Largeur de fente [mm]
<355	0.5
400 bis < 630	1.0
630 bis < 800	1.3
800 bis < 1000	1.5

II.1.2 Exécution du soudage

L'élément chauffant chauffé à la température de soudage (220 °C +/- 10 °C) est inséré entre les pièces à souder et les surfaces à souder sont pressées des deux côtés contre l'élément chauffant en exerçant une pression correspondante.

Tab. II.2 Valeur de référence pour le soudage bout à bout à élément chauffant du PE 80 / PE 100 / PE 100 RTC / PE-EU ¹

	Préparation ²	Chauffage ³	Transfert	Assemblage ⁴	
Épaisseur nominale de la paroi [mm]	Alignement [mm]	Temps de chauffage [s]	Temps de transfert (Temps maximum) [s]	Temps d'assemblage Pression d'assemblage [s]	Temps de refroidissement sous pression d'assemblage (Valeur minimales) [min]
Bis 4.5	0.5	45	5	5	6
4.5 - 7	1.0	45 - 70	5 - 6	5 - 6	6 - 10
7 - 12	1.5	70 - 120	6 - 8	6 - 8	10 - 16
12 - 19	2.0	120 - 190	8 - 10	8 - 11	16 - 24
19 - 26	2.5	190 - 260	10 - 12	11 - 14	24 - 32
26 - 37	3.0	260 - 370	12 - 16	14 - 19	32 - 45
37 - 50	3.5	370 - 500	16 - 20	19 - 25	45 - 60
50 - 70	4.0	500 - 700	20 - 25	25 - 35	60 - 80

¹ À une température extérieure d'environ 20 °C et avec un mouvement d'air modéré.

² Hauteur du bourrelet à l'élément chauffant à la fin du temps d'adaptation, valeur minimales (adaptation à $p = 0.15 \text{ N/mm}^2$)

³ Température de soudage $210 \pm 10 \text{ °C}$, temps de chauffage $\approx 10 \times$ épaisseur de paroi (chauffé à $p \leq 0.01 \text{ N/mm}^2$)

⁴ Temps de refroidissement sous pression d'assemblage à $p = 0.15 \pm 0.01 \text{ N/mm}^2$

La température est contrôlée par un thermomètre à écran. La force qui doit être appliquée pour le processus d'assemblage peut être calculée sur la base de la surface de soudage et de la pression spécifique. Les fabricants d'appareils de soudage mettent à disposition des tables à cet effet, car la plupart des appareils ne fonctionnent pas sur la base de la force, mais avec un système hydraulique. La pression de déplacement de la pièce doit être ajoutée à la pression indiquée. Cette pression de déplacement dépend du frottement des pièces, de la machine et du poids des tubes à souder.

Le processus de soudage n'est terminé que lorsqu'un bourrelet s'est formé sur toute la circonférence des pièces à souder. La pression de contact est presque nulle au début de la phase de chauffage.

Après le préchauffage, les surfaces d'assemblage doivent être détachées de l'élément chauffant. Retirer l'élément chauffant et rapprocher immédiatement les surfaces d'assemblage. Le temps de réglage doit être aussi court que possible. La pression doit ensuite être augmentée progressivement (voir [39]) et maintenue jusqu'au refroidissement complet.

Le refroidissement brusquement du point de soudage est à éviter, par exemple avec un liquide de refroidissement. Pour les parois plus épaisses (à partir de 20 mm), le fait de recouvrir la soudure pendant le refroidissement peut conduire à un refroidissement plus régulier et donc à une meilleure qualité de la soudure. A la fin du processus de soudure, un double bourrelet doit s'étendre sur toute la circonférence de la soudure, voir Fig. II.3. Il est nécessaire que $k > 0$.

Le retrait du bourrelet doit être effectué si possible avant le refroidissement complet. L'élimination du bourrelet pendant la phase froide peut entraîner des entailles qui, dans le cas de matériaux fragiles comme le PVDF, peuvent provoquer une rupture.

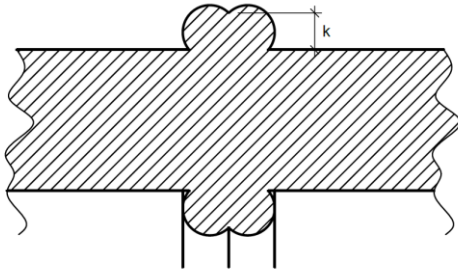


Fig. II.3 Représentation schématique du bourrelet lors d'une soudure bout à bout par élément chauffant

II.2 Soudage avec manchons électrosoudables / soudage de manchons chauffants HM

Lors du soudage avec manchons électrosoudables / soudable de manchons chauffant HM, les tubes et les raccords sont chauffés à la température de soudage à l'aide de fils de résistance traversés par un courant électrique, ce qui permet de les souder. Le principe est illustré dans la Fig. II.4.

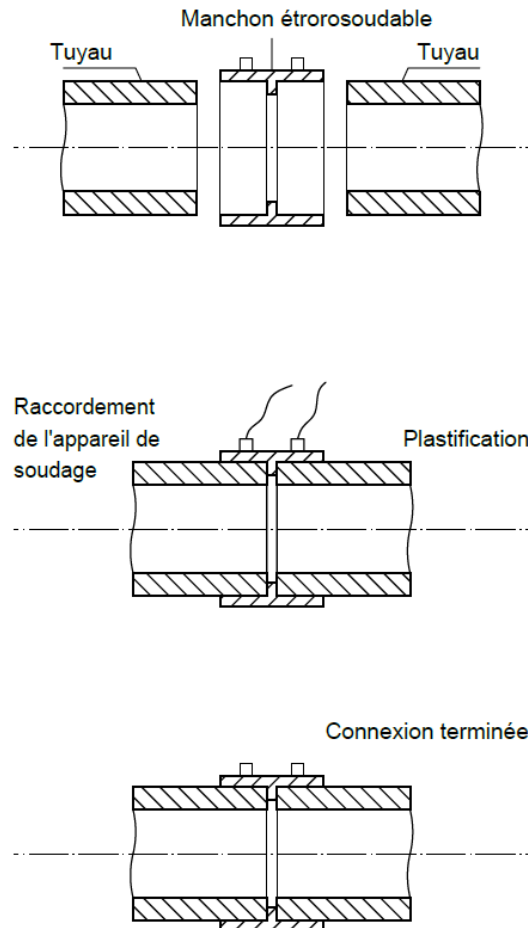


Fig. II.4 Soudage au moyen de manchons électrosoudables

Appareil de soudage

Seuls les appareils de soudage adaptés aux pièces à souder peuvent être utilisés. Il convient d'utiliser des appareils de soudages automatiques.

Préparation de la soudure

Pour obtenir un cordon de soudure parfait avec ce procédé, les surfaces à souder doivent impérativement être propres. La surface du tube doit être préparée à l'aide d'un grattoir dans la zone du cordon de soudure.

L'intérieur du raccord est ensuite soigneusement nettoyé avec un produit de nettoyage PE et une serviette en papier non pelucheuse et n'est plus touché. La profondeur d'insertion (1/2 longueur de manchon) doit être marquée. Ensuite, les deux côtés du manchon sont nettoyés avec un produit de nettoyage PE. Les tubes sont insérés jusqu'à la marque et raccordés au câble. L'appareil de soudage est démarré et les paramètres de soudage sont lus en scannant le code-barre et soudés. Le tube ne doit pas être déplacé jusqu'à la fin du temps de refroidissement.

Contrairement au soudage à l'élément chauffant, il n'est pas possible de contrôler directement la qualité du soudage à l'aide de manchons à souder électroniques. Un procès-verbal de l'opération de soudage est à fournir.

III Principes de base pour l'évacuation des eaux des ponts.

III.1 Calcul du bassin versant maximal d'un pont

III.1.1 Bases de calcul

Les normes / directives suivantes de base au calcul suivant :

- ASTRA 11001 profils normaux – Routes nationales de la 1ère et 2ème classe (2022) ;
- ASTRA 12004 chapitre 5 Etanchéités et revêtement (2021) ;
- VSS 40 353 Evacuation des eaux de chaussée (2021) ;
- VSS 40 356 Evacuation des eaux de chaussée : Écoulement, écoulement routier (2019).

A titre informatif, mais ne constituant pas la base du présent calcul, il fait référence à la directive allemande FSGV 5329 pour l'évacuation des eaux REwS (2021).

Les calculs présentés ci-après permettent de déterminer un bassin versant maximal, avec une pente longitudinale et un dévers constant, jusqu'à laquelle il est possible de renoncer à un système d'évacuation des eaux. Il est considéré que la largeur maximale du filet d'eau en bordure de la chaussée doit être limitée à 1,2 m pour les routes à grand débit et à 1,5 m pour les autres routes ($v < 80\text{km/h}$), conformément à la norme VSS 40 350.

Une éventuelle bande d'arrêt d'urgence, qui peut être utilisée pour l'évacuation des eaux, n'est pas prise en compte dans le présent calcul.

Le calcul est basé sur un dévers minimal constant de 2,5% ou de 3%. En cas de pente dévers plus faible, la capacité d'écoulement est plus faible et le calcul doit être adapté en conséquence.

En cas de changement de dévers et pour les cuvettes, la totalité du flux d'eau doit être évacuée par les avaloirs. Il convient de considérer que la capacité d'absorption des avaloirs diminue en cas de forte pente longitudinale (« débordement de l'eau »).

Le dimensionnement doit être adapté au dimensionnement de la conduite.

Dans les zones construites, il est judicieux de réduire la largeur du filet d'eau en bordure de la chaussée afin de protéger les piétons ou les bâtiments des éclaboussures.

III.1.2 Capacité de performance des processus

Un avaloir de pont de 300 x 500 mm atteint en général une capacité d'écoulement d'environ 10 l/s.

La REwS fait référence à des essais réalisés avec des rechausses de 300 x 500 selon la norme DIN 19494.

Tab. III.1 Capacité de performance des avaloirs selon REwS (2021)

		Capacité d'écoulement[l/s]							
		Inclinaison transversale							
Pente longitudinal	[%]	0	0.2	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0
Rehausse 300 x 500 DIN 19494	2.5	2.5	2.6	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	6.0	5.4	5.6	5.8	5.8	7.2	6.4	6.4	3.4

III.1.3 Calcul de débit

Le principe de calcul du débit est présenté ci-dessous. La largeur du filet d'eau en bordure de la chaussée B_A doit être limitée sur l'ensemble du tronçon. Le débit correspondant Q_Z est réduit d'un montant Q_A au niveau de l'avaloir/gueulard et l'eau qui ne peut pas être absorbée est transférée vers le tronçon suivant $Q_{G,u}$. Pour la prise en compte globale, il s'agit de tenir compte de l'eau $Q_{G,o}$ provenant du tronçon précédent.

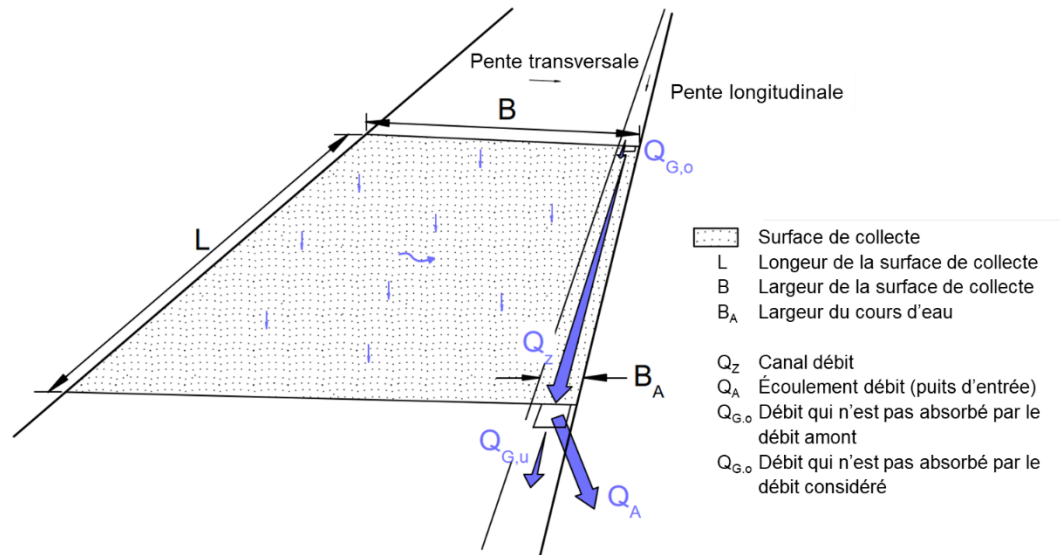


Fig. III.1 Évacuation des eaux des ponts – Concept, selon [30]

Le débit maximal admissible est calculé à l'aide de la formule (III.1) de Manning-Strickler :

$$Q_Z = A \cdot k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I_E^{1/2} \quad \text{Eq. (III.1)}$$

Avec

- Q_Z Débit du filet d'eau [m^3/s]
- A Section transversale [m^2]
- v_m Vitesse moyenne d'écoulement [m/s]
- k_{St} Coefficient de rugosité dépendant de la nature de la paroi du canal [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]
- r_{hy} Rayon hydraulique [m]
- l_u Périmètre mouillé [m]
- I_E Pente de ligne d'énergie (pour un écoulement uniforme = pente du lit) [m/m]

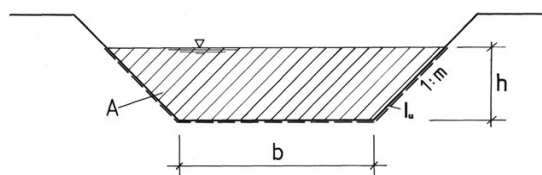


Fig. III.2 Section d'écoulement

Coefficient de frottement pour l'asphalte $k_{St} = 70 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$

La géométrie du point bas de la chaussée est donné dans la directive ASTRA 12004 chapitre 5.

L'équation ci-dessous permet de déterminer la surface maximale du bassin versant F .

$$F = \frac{Q_Z \cdot \psi}{q_{pluie}} \qquad \text{Eq. (III.2)}$$

Avec	
F	Bassin versant maximal [m ²]
Q_Z	Débit du filet d'eau [m ³ /s]
ψ	Coefficient de rugosité [-]
q_{pluie}	Intensité de la pluie [l/(s m ²)], en fonction de la zone de pluie

La géométrie du bord de la chaussée et la largeur maximale du filet d'eau permettent de déterminer le débit d'eau. La largeur maximale admissible du filet d'eau en bordure de la chaussée B_A est de 1,20 m pour les routes à grand débit selon la norme VSS 40 356.

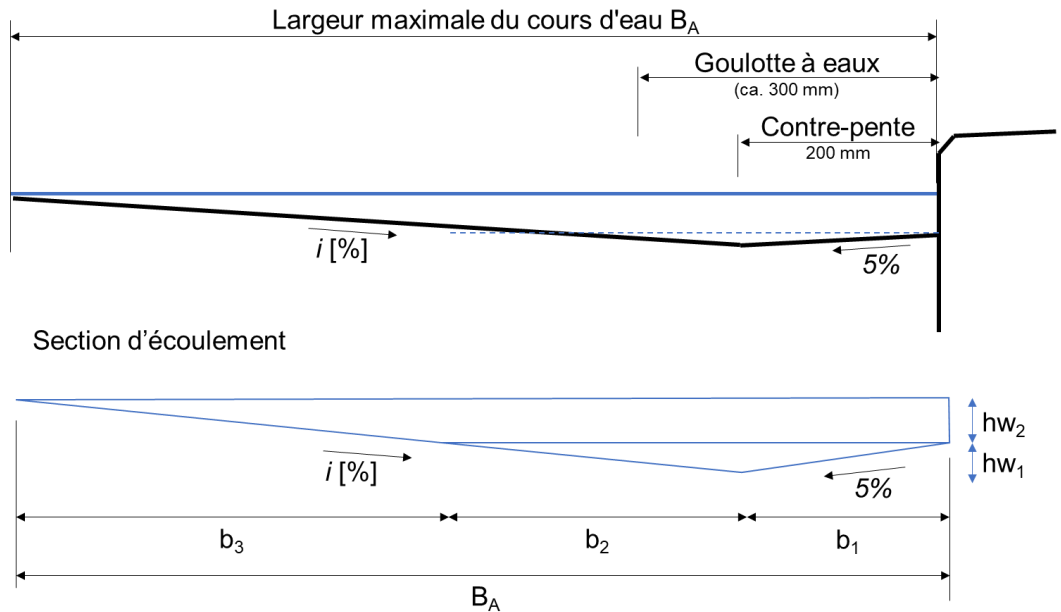


Fig. III.3 Géométrie du filet d'eau en bordure de pont

La contre-pente de 5% doit être réalisée conformément à la directive ASTRA 12004 chapitre 5.

La largeur maximale du filet d'eau B_A en fonction de la vitesse du trafic v selon la norme VSS 40 356 est la suivante :

- $v \leq 80 \text{ km/h} \rightarrow B_A = 1.50 \text{ m}$
- $v > 80 \text{ km/h} \rightarrow B_A = 1.20 \text{ m}$

La géométrie de la section d'écoulement est indiquée dans le Tab. III.2, en fonction de la largeur du filet d'eau et du dévers i .

Tab. III.2 Géométrie de la section d'écoulement

Largeur du cours d'eau	i [%]	hw_1 [mm]	hw_2 [mm]	b_1 [mm]	b_2 [mm]	b_3 [mm]	A [mm ²]
$B_A = 1.20 \text{ m}$	2.50	10	15	200	400	600	16'500
	3.00	10	20	200	333	666	19'985
$B_A = 1.50 \text{ m}$	2.50	10	22.5	200	400	900	26'625
	3.00	10	29	200	333	966	32'129

Un exemple de calcul du débit selon la formule (III.1) pour une largeur de cours d'eau de 1,20 m ($v > 80$ km/h) est présenté ci-dessous.

Tab. III.3 Calcul hydraulique du canal (Exemple de calcul)

Dévers	i	[%]	2.5
Vitesse du trafic	v	[km/h]	> 80
Largeur du filet d'eau	B_A	[m]	1.20
Hauteur du niveau d'eau	h_{w1}	[mm]	10
	h_{w2}	[mm]	15
Section transversale	A	[mm ²]	16'500
Périmètre mouillé	l_u	[m]	1.222
Rayon hydraulique	$r_{hy} = A/l_u$	[m]	0.0135
Pente longitudinale	I_E	[%]	0.5
Coefficient de friction	k_{st}	[m ^{1/3} /s]	70
Vitesse d'écoulement	v_m	[m/s]	0.281
Débit	Q_c	[m/s]	0.00463
		[l/s]	4.63

Le bassin versant maximal du pont est calculé pour les trois zones d'intensité de pluie selon la formule (III.2) du Tab. III.2.

Tab. III.4 Bassin versant maximal F (Suite de l'exemple de calcul)

Lieu	Zone	Intensité de la pluie		Coefficient de rugosité	Bassin versant maximal
		q_{pluie}			
		[mm/h]	[l/(s*m²)]	ψ [-]	F [m²]
Alpes, Valais, Engadine	1	45	0.0125	0.9	412
Plateau, Alpes, Préalpes	2	75	0.0210	0.9	245
Tessin Sud	3	100	0.0280	0.9	184

III.1.4 Diagrammes pour la détermination du bassin versant

Le bassin versant maximal (calculs du chapitre III.1.3) peut être évalué graphiquement pour différentes zones d'intensité de pluie en fonction de la pente longitudinale et du dévers du pont.

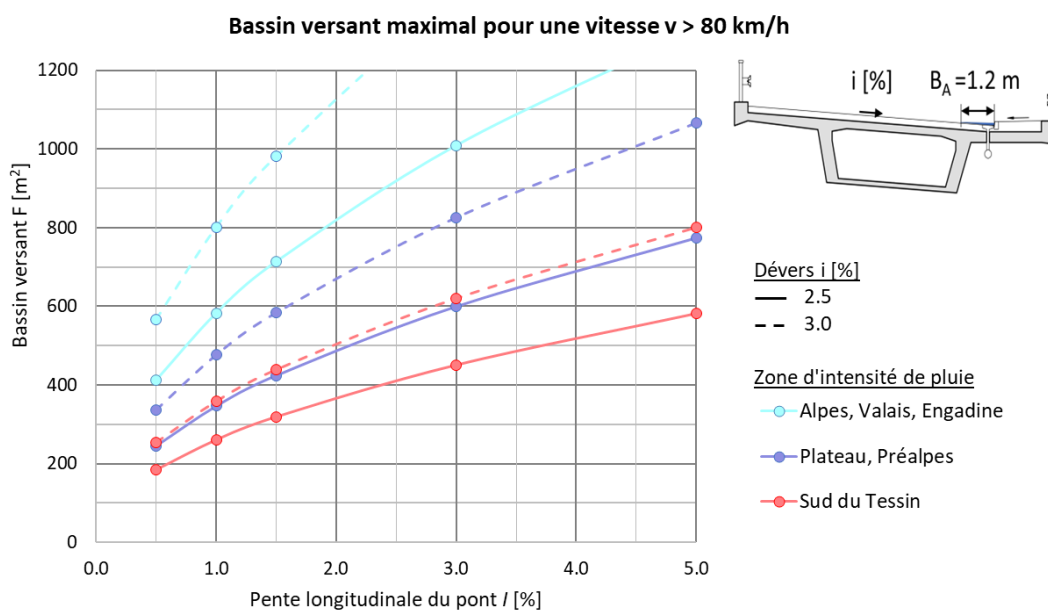


Fig. III.4 Bassin versant maximal pour une largeur du filet d'eau de 1.20 m

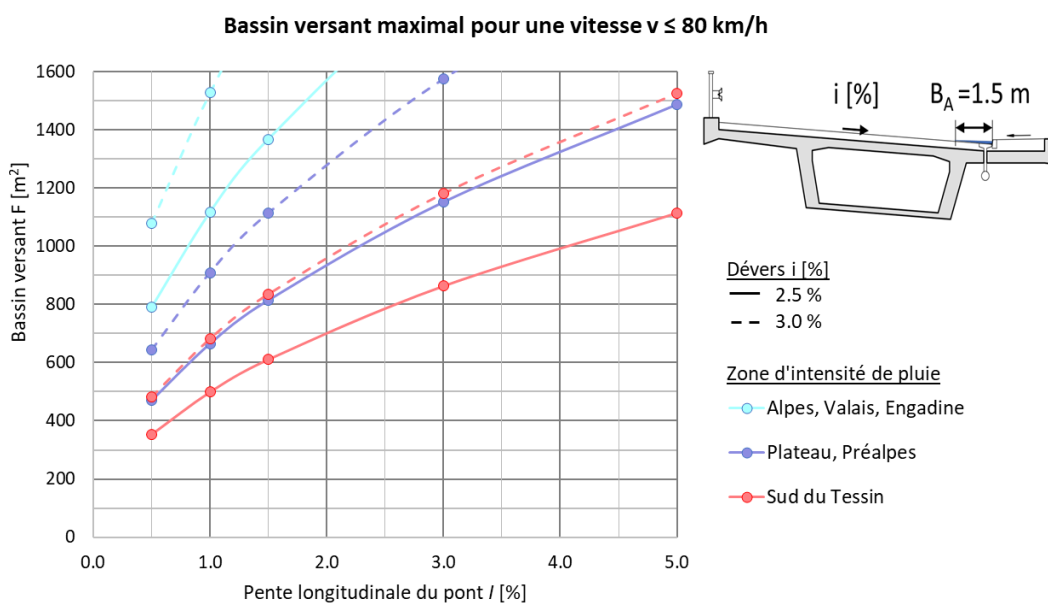


Fig. III.5 Bassin versant maximal pour une largeur du filet d'eau de 1.50 m

III.2 Recommandation pour les ponts larges

Dans le cas de ponts très larges, un système d'évacuation des eaux au niveau du terre-plein central complique souvent la conception et l'entretien. Dans la mesure du possible, il faudrait y renoncer et installer un seul système d'évacuation des eaux au niveau du point bas du dévers.

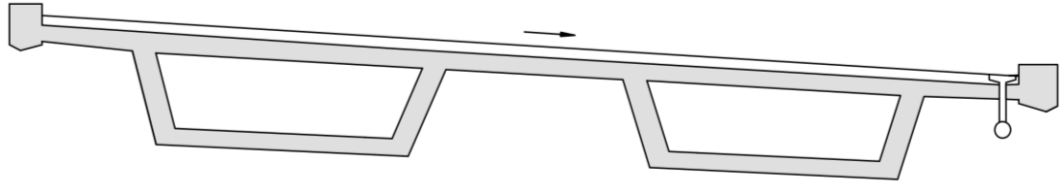


Fig. III.6 Schéma d'un pont large avec un seul système d'évacuation des eaux au point bas du dévers

Les considérations suivantes permettent d'estimer la largeur maximale de pont admissible avec un seul système d'évacuation des eaux au point bas du dévers. Ces considérations ne sont pas valables en cas de raccordements concaves et/ou de changements de dévers de la chaussée.

L'aquaplaning dépend principalement de la vitesse, de l'épaisseur du film d'eau et des pneus (type de pneu, rapport de section, profondeur de la bande de roulement, etc.). Il peut être admis qu'avec une vitesse d'environ 80 km/h, l'aquaplaning se produit avec un film d'eau d'environ 2 mm (cf. [31]).

Des résultats d'essais d'aquaplaning sont présentés à la Fig. . Les essais réalisés avec des pneus neufs sont indiqués en bleu (profondeur de la bande de roulement de 6 à 8 mm) et ceux réalisés avec des pneus usagés (profondeur de la bande de roulement de 2 à 8 mm) sont en vert.

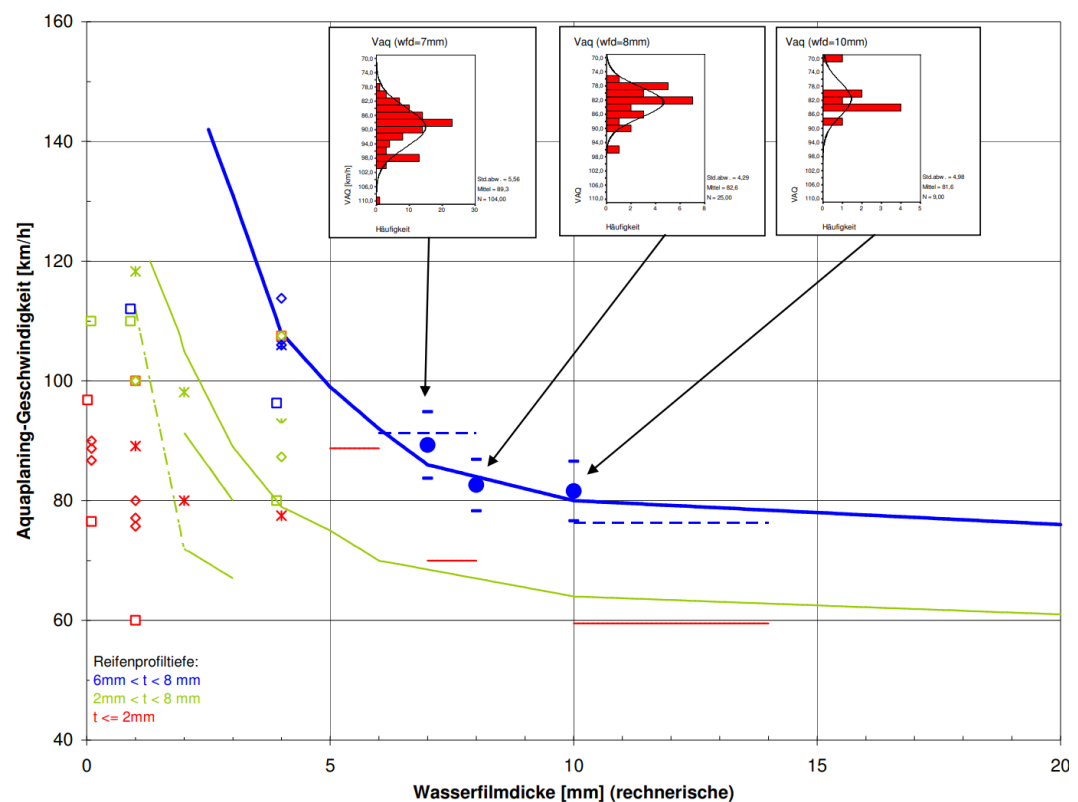


Fig. III.7 Corrélation entre l'épaisseur du film d'eau et de la vitesse d'aquaplaning, d'après des essais, compilation, rapportée dans [31]

Des modèles théoriques montrent également que jusqu'à une épaisseur de film d'eau d'environ 2 mm, le risque d'aquaplaning est considérablement réduit. À des vitesses avoisinant les 60 km/h, le risque diminue considérablement, même si les sculptures des pneus sont peu profondes.

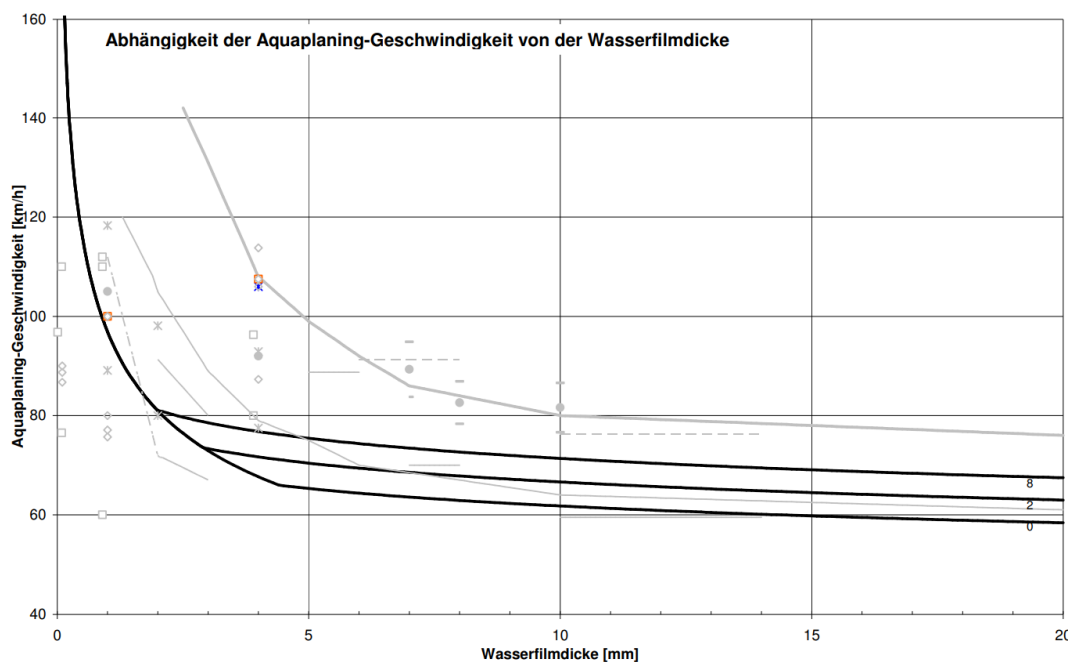


Fig. III.8 Corrélation entre l'épaisseur du film d'eau et la vitesse d'aquaplaning, comparaison des modèles théoriques (en noir) avec les expériences (en gris), compilation basée sur Hermann (2008) d'après Gallaway (1979) et Reed (1984), rapportée dans [31]

III.2.1 Diagramme de la dépendance du dévers

Pour la prise en compte du dévers, un calcul de débit selon Manning-Strickler donne la largeur maximale du pont jusqu'à ce que l'épaisseur calculée du film d'eau soit atteinte selon le paragraphe III.1.3 (Fig. III.9).

En cas de fortes précipitations, la vitesse de circulation est réduite à moins de 80 km/h.

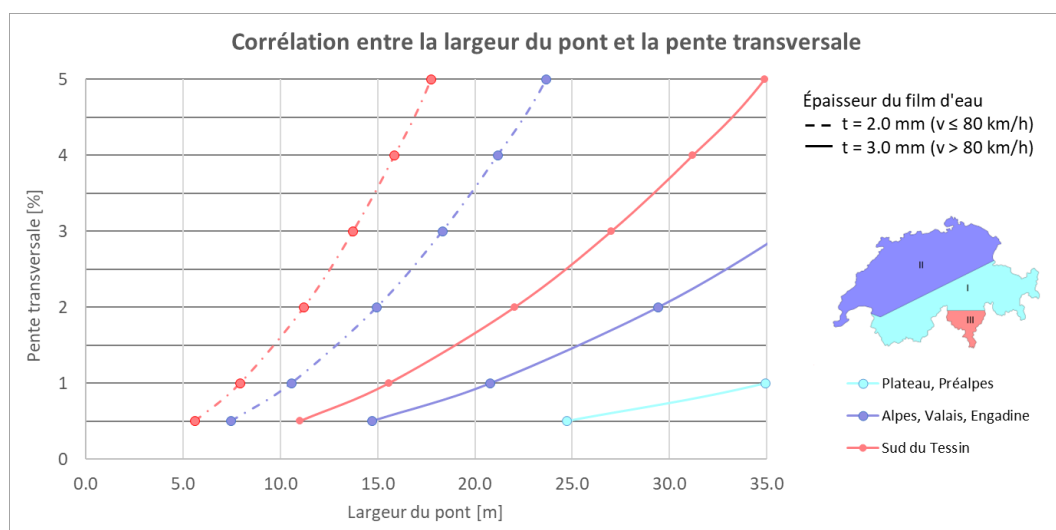


Fig. III.9 Corrélation entre l'épaisseur du film d'eau, la largeur du pont et le dévers

Glossaire

Notion	Explication
Écoulement	Composant qui recueille l'eau de la surface du pont et la conduit vers une canalisation.
Rails d'ancrage	Profilé en acier avec des éléments d'ancrage solidement fixés, qui est inséré dans le coffrage avant le coulage et coulé dans le béton. La pièce jointe est fixée sur le dessus du rail à l'aide d'une vis spéciale.
Couvercle	Partie mobile d'un dispositif d'évacuation pour couvrir son ouverture.
Évacuation des eaux	L'évacuation des eaux comprend toutes les mesures de construction nécessaires pour évacuer les eaux de pluie de la chaussée, des trottoirs et des structures de bord de pont, et les diriger vers le système de routier ou un émissaire.
Cadre	Élément d'un dispositif d'écoulement ou d'une chambre de nettoyage servant de support à une grille ou à un couvercle de nettoyage.
Regard de nettoyage	Dispositif d'écoulement modifié avec un couvercle au lieu d'une grille, permettant d'introduire le tuyau de nettoyage dans les conduites en sens inverse de l'écoulement.
Espace annulaire	Espace libre ("espace d'air") entre le tuyau et l'évidement.
SDR	La valeur SDR (Standard Dimension Ratio) désigne le rapport entre le diamètre extérieur du tuyau et l'épaisseur de paroi. Le chiffre SDR est utilisé pour indiquer la résistance à la pression.

Abréviation	Explication
CO	Classe d'ouvrage
DN	Diamètre nominal
DN/ID	Diamètre nominal intérieur (engl. <i>inner diameter</i>)
DN/OD	Diamètre nominal extérieur (engl. <i>outer diameter</i>)
HS	Soudage bout à bout par élément chauffant
ESM	Manchon électrosoudable
EN	Norme européenne
GF-UP	Polyester renforcé de fibres de Verre
NSV	Ordonnance sur les routes nationales
PE	Polyéthylène
PP	Polypropylène
SDR	De l'anglais : <i>Standard Dimension Ratio</i>
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
SN	Norme suisse
VSA	Association suisse des professionnels de la protection des eaux
VSS	Association suisse des professionnels de la route et des transports

Bibliographie

Lois, ordonnances, directives de l'OFROU

- [1] „Loi fédérale sur les installations de transport par conduites de combustibles ou carburants liquide ou gazeux“ (Loi sur les installations de transport par conduites, LITC) [SR 746.1]
- [2] „Ordonnance concernant les prescriptions de sécurité pour les installations de transport par conduites“ (Ordonnance sur la sécurité des installations de transport par conduites, OSITC) [SR 746.12]
- [3] „Ordonnance sur les lignes électriques“ (OLE) [SR 734.31]

Directives de ASTRA

- [4] Office fédéral des routes OFORU (2021), „Profils types - Routes nationales de 1re et 2e classes“, directive ASTRA 11001.
- [5] Office fédéral des routes OFORU (2023), „Traitement des eaux de chaussée des routes nationales“, ASTRA directive ASTRA 18005
- [6] Office fédéral des routes OFORU (2023), „Mesures de sécurité sur les routes nationales selon l'ordonnance sur les accidents majeurs“, ASTRA directive 19001

Normes

- [7] Société Suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2019), „Les fixations dans le béton et dans la maçonnerie“, SIA 179 (SN 505 179)
- [8] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2011), „Exigences générales relatives aux éléments de construction pour conduites et canalisation d'évacuation“, 5.201 (SN EN 476)
- [9] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2017), „Canalisations“, SIA 190 (SN 533 190)
- [10] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2011), „Exigences générales pour les composants utilisés pour les branchements et les collecteurs d'assainissement“, SIA 190.201 (SN EN 476)
- [11] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2015), „Mise en œuvre et essai des branchements et canalisations d'assainissement“, SIA 190.203 (SN EN 1610)
- [12] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2017), „Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Gestion du réseau d'assainissement“, SIA 190.220 (SN EN 752)
- [13] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2017), „Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Conception - Partie 2 : Conception hydraulique“, SIA 190.225 (SN EN 16933-2)
- [14] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003), „Pose de conduites et câbles souterrains - Coordination des implantations et bases techniques“, SIA 205 (SN prénorme 532 205)
- [15] Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2020), „Actions sur les structures porteuses“, SIA 261 (SN 505 261)
- [16] Société suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2019), „Profil géométrique type ; principes généraux, définitions et éléments“, VSS 40 200a
- [17] Société suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2019), „Tracé ; pentes transversales en alignement et dans les virages, variation du dévers“, VSS 40 120
- [18] Société suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2019), „Evacuation des eaux de chaussées ; intensité des pluies“, VSS 40 350
- [19] Société suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2019), „Evacuation des eaux de chaussée - Bases pour la détermination du débit“, VSS 40 353
- [20] Société suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2019), „Evacuation des eaux de chaussée ; cheminée d'évacuation“, VSS 40 356
- [21] Société suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2019), „Evacuation des eaux de chaussée - Débit de dimensionnement des canalisations“, VSS 40 357

-
- [22] Société suisse des professionnels de la route et des transports VSS (2019), „**Evacuation des eaux de chaussée ; dispositifs de couronnement et de fermeture**“, VSS 40 366
-
- [23] SWISSMEM (2004), „**Produits métalliques - Types de documents de contrôle**“, SN EN 10204
-
- [24] Association suisse de normalisation SNV (2011) : „**Systèmes de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau et pour les branchements et les collecteurs d'assainissement avec pression - Polyéthylène (PE)**“, SN EN 12201, Parties 1 bis 5
-
- [25] Association suisse de normalisation SNV (2018) : „**Systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs d'assainissements sans pression enterrés - Systèmes de canalisations à parois structurées en poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U), polypropylène (PP) et polyéthylène (PE)**“, SN EN 13476 Parties 1 à 3
-
- [26] Association suisse de normalisation SNV (2011) : „**Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Polyethylene (PE) - Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system**“, SN EN 12666-1 part 1
-
- [27] Domaine interdisciplinaire de normalisation INB (2018) : „**Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture**“, SN EN ISO 12944 Partie 1 à 9
-

Manuel Technique de ASTRA

-
- [28] Office fédéral des routes ASTRA, „**Manuel technique Ouvrages d'art (FHB K)**“, document ASTRA
-

Documentation / rapports / autres normes techniques

-
- [29] Inspection fédérale des pipelines (2009), „**Etude, construction et exploitation d'installations de transport par conduites avec des pressions > 5 bars**“, Directive ERI-IFP 2003, Rév. 2
-
- [30] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen FGSV, „**Richtlinien für die Entwässerung von Straßen**“, Edition 2021, Cahier
-
- [31] Herrmann, S. (2008) „**Simulationsmodell zum Wasserabfluss – und Aquaplaning-Verhalten auf Fahr-Bahnoberflächen**“, Thèse de doctorat, Veröffentlichungen aus dem Institut für Strassen und Verkehrswesen, Universität Stuttgart
-
- [32] Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile VKR (2020), „**Erdverlegte, drucklos betriebene Rohr-leitungen aus PE (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC-U)**“, Directive / guide RL03
-
- [33] Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA (2014), „**Maintien des canalisations, Entretien opérationnel des installations d'évacuation des eaux**“, FGSV Nr. 539
-
- [34] Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA (2007), „**Maintien des canalisations, Relevé de l'état des installations d'évacuation des eaux**“, directive 2
-
- [35] Association Suisse des professionnels de la protection des eau VSA (2019), „**Maintien des canalisations, Inspection optique des installations d'évacuation des eaux (Codage des dommages et transfert des données)**“, directive 3
-
- [36] Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA (2007), „**Maintien des canalisations, Evaluation de l'état des installations d'évacuation des eaux**“, directive 4
-
- [37] Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA (2009), „**Maintien des canalisations Entretien structurel des installations d'évacuation des eaux**“, Directive 5
-
- [38] Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. DVS (2021), „**Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten - Kennwerte**“, DVS 2205-1
-
- [39] Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. DVS (2021), „**Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE**“, DVS 2205-1.
-
- [40] Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. DVS (1997), „**Industrierohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen Projektierung und Ausführung Oberirdische Rohrsysteme**“, DVS 2210-1
-
- [41] National Centre for Climate Services (2018), „**CH2018 – – Climate Scenarios for Switzerland**“, Technical Report, Zurich, 271 pp, (ISBN 978-3-9525031-4-0)
-
- [42] Office fédérale de l'environnement OFEV (2012): „**Erdbebensicherheit der Erdgasversorgung**“, Étude
-

Liste des modifications

Édition	Version	Date	Modifications
2025	2.01	28.01.2025	Publication de la traduction française
2023	2.00	03.08.2023	La révision 2023 : Révision globale en tant que partie commune 6 Evacuation des eaux et partie 7 Conduites industrielles
2007	1.00	01.01.2007	Chapitre 6 Drainage
2005	1.00	01.01.2005	Chapitre 7 Conduites industrielles

