



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral des routes OFROU

**DIRECTIVE**

# **DÉTAILS DE CONSTRUCTION DE PONTS**

**CHAPITRE 2 JOINTS DE CHAUSSÉE**

---

*Édition 2011 V1.10  
ASTRA 12004*

# Impressum

## Auteurs / Groupe de travail

Manuel Alvarez	(OFROU, présidence dès le 17 août 2009)
Willi Schuler	(OFROU, présidence jusqu'au 17 août 2009)
Walter Waldis	(OFROU)
Erich Sutter	(Direction des travaux publics du Canton de Zurich)
Martin Käser	(Direction des travaux publics du Canton de Zurich)
Bernd Urich	(Mageba SA)
Pierre Lehmann	(CES BAUINGENIEUR AG, responsable)

## Traduction

Services linguistiques OFROU (version originale en français)

(traduction allemande)

Ce document est composé de plusieurs parties publiées séparément :

Chapitre 0	Introduction
Chapitre 1	Appareils d'appui
Chapitre 2	Joints de chaussée
Chapitre 3	Extrémités de ponts
Chapitre 4	Bordure de ponts et terre-plein central
Chapitre 5	Etanchéités et revêtements
Chapitre 6	Evacuation des eaux
Chapitre 7	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.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).

© OFROU 2011

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

## Avant-propos

Le présent chapitre 2 « Joints de chaussée » (Édition 2011) a été mis à jour pour la première fois depuis la publication en 1990 de la directive « Détails de construction des ponts ».

Cette révision se fonde sur la publication des documents suivants :

- Nouvelles normes SIA relatives aux structures porteuses (SIA 260 à SIA 267 ; 2003)
- Guideline for European Technical Approval of Expansion Joints for Road Bridges (Guide d'Agrément technique européen pour les joints de chaussée ; ETAG n° 32 ; version de novembre 2010, pas encore traduit)
- Rapport de recherches AGB n° 570 Joints de chaussée en acier et appuis de ponts – Etat des connaissances (2004).

La présente révision du chapitre 2 correspond à l'état actuel de la technique et s'adresse en premier lieu aux professionnels concepteurs de ponts. On y trouve des informations et des exemples illustrés des types de joints de chaussée les plus usités en Suisse. Son but est de faciliter la collaboration entre les ingénieurs chargés des projets et les fabricants de joints de chaussée.

Les joints de chaussée constituent en effet les points faibles d'un pont et sont, de plus, soumis à de fortes sollicitations et exposés aux influences de l'environnement. Leur entretien est souvent très coûteux et dans de nombreux cas, ils doivent être remplacés une ou plusieurs fois pendant la durée d'utilisation de l'ouvrage, pouvant ainsi occasionner d'importantes perturbations du trafic. Il est donc nécessaire de procéder dans chaque cas à un examen critique pour voir s'il n'est pas possible d'y renoncer lors de la construction de nouveaux ouvrages ou d'éviter de les remplacer lors de réfections.

Le chapitre 2 a été révisé par un groupe de travail, sous la direction de l'OFROU, auquel ont participé des représentants d'un service cantonal des ponts et chaussées, de bureaux d'études ainsi que de l'industrie ; il a principalement été élaboré par Monsieur Pierre Lehmann, de Sarnen, mandaté à cet effet. Nous adressons nos cordiaux remerciements à toutes les personnes qui ont participé à cet excellent travail.

### Office fédéral des routes

Rudolf Dieterle  
Directeur



# Table de matières

<b>Impressum .....</b>	<b>2</b>
<b>Avant-propos .....</b>	<b>3</b>
 <b>1 Introduction .....</b>	 <b>8</b>
1.1 Objectif de la directive .....	8
1.2 Champ d'application .....	8
1.3 Destinataires .....	9
1.4 Entrée en vigueur et modifications .....	9
1.5 Terminologie et symboles .....	9
1.5.1 Définition des joints de chaussée .....	9
1.5.2 Genres de joints de chaussée .....	9
1.5.3 Types des joints de chaussée .....	9
1.5.4 Unités de longueur .....	9
1.5.5 Système de référence et mouvements .....	10
1.5.6 Joints de chaussée de biais .....	10
1.6 Autres prescriptions en vigueur .....	10
 <b>2 Exigences .....</b>	 <b>11</b>
2.1 Projet .....	11
2.1.1 Bases .....	11
2.1.2 Exigences générales .....	11
2.1.3 Principes .....	11
2.1.4 Exigences et prescriptions spéciales selon la directive ETA .....	12
2.1.5 Critères de choix du genre de joint de chaussée .....	14
2.2 Analyse structurale .....	15
2.2.1 Base du projet .....	15
2.2.2 Choix du concept d'appui et de dilatation .....	15
2.2.3 Mouvements liés à la température .....	16
2.2.4 Mouvements dus aux propriétés propres des matériaux .....	16
2.2.5 Autres facteurs de déformation .....	16
2.2.6 Indications pour le calcul des déformations .....	16
2.2.7 Forces de rappel .....	17
2.3 Dimensionnement des joints de chaussée .....	18
2.3.1 Attribution des tâches .....	18
2.3.2 Précisions sur les situations de projet .....	18
2.3.3 Préréglage des joints de chaussée .....	19
2.4 Exécution des joints de chaussée .....	19
2.4.1 Généralités .....	19
2.4.2 Mesures de garantie contre le relâchement des éléments du joint .....	20
2.4.3 Identification des joints de chaussée .....	20
2.4.4 Préparation du transport et pose .....	20
2.5 Conformité .....	20
 <b>3 Joints de chaussée à profilé compressible .....</b>	 <b>21</b>
3.1 Introduction .....	21
3.2 Champ d'application .....	22
3.3 Eléments de construction du joint .....	22
3.3.1 Profilés d'acier .....	22
3.3.2 Eléments d'ancrage .....	23
3.3.3 Tôles d'habillage .....	23
3.3.4 Réservations .....	23
3.3.5 Profilés compressibles .....	23
3.3.6 Gouttière .....	23
3.3.7 Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée .....	24
3.3.8 Raccord du revêtement .....	24

3.3.9	Tête de console .....	24
3.3.10	Tôle de trottoir .....	24
3.3.11	Pose .....	24
3.4	Surveillance .....	25
3.5	Maintenance, remise en état et remplacement.....	25
<b>4</b>	<b>Joints à peigne en console .....</b>	<b>26</b>
4.1	Introduction .....	26
4.2	Champ d'application .....	27
4.3	Éléments de construction du joint .....	28
4.3.1	Profilés d'acier.....	28
4.3.2	Éléments d'ancrage .....	28
4.3.3	Tôle d'habillage .....	28
4.3.4	Réservations .....	28
4.3.5	Gouttière .....	29
4.3.6	Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée.....	29
4.3.7	Raccord du revêtement.....	29
4.3.8	Tête de console .....	29
4.3.9	Pose .....	29
4.4	Surveillance .....	30
4.5	Maintenance, remise en état et remplacement.....	30
<b>5</b>	<b>Joints de chaussée à peigne appuyé .....</b>	<b>31</b>
5.1	Introduction .....	31
5.2	Champ d'application .....	33
5.3	Éléments de construction du joint .....	33
5.3.1	Profilés d'acier.....	33
5.3.2	Système mixte métal-élastomère .....	33
5.3.3	Éléments d'ancrage .....	33
5.3.4	Tôle d'habillage .....	34
5.3.5	Réservation .....	34
5.3.6	Gouttière .....	34
5.3.7	Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée.....	34
5.3.8	Raccord du revêtement.....	34
5.3.9	Tête de console .....	34
5.3.10	Surfaces de glissement et matériaux glissants.....	34
5.3.11	Pose .....	35
5.4	Surveillance .....	36
5.5	Maintenance, remise en état et remplacement.....	36
<b>6</b>	<b>Joints de chaussée à plusieurs profilés compressibles .....</b>	<b>37</b>
6.1	Introduction .....	37
6.2	Champ d'application .....	39
6.3	Éléments de construction du joint .....	39
6.3.1	Profilés d'acier.....	39
6.3.2	Éléments d'ancrage .....	40
6.3.3	Tôles d'habillage .....	40
6.3.4	Réservations .....	40
6.3.5	Profilés compressibles .....	40
6.3.6	Gouttière .....	40
6.3.7	Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée.....	41
6.3.8	Raccord du revêtement.....	41
6.3.9	Tête de console .....	41
6.3.10	Tôle de trottoir .....	41
6.3.11	Pose .....	41
6.4	Surveillance .....	42
6.5	Maintenance, remise en état et remplacement.....	42

<b>7</b>	<b>Joints de chaussée à membrane .....</b>	<b>43</b>
7.1	Introduction .....	43
7.2	Champ d'application .....	44
7.3	Indications complémentaires.....	44
<b>8</b>	<b>Joints de chaussée en bitume-polymère.....</b>	<b>45</b>
8.1	Introduction .....	45
8.2	Champ d'application .....	45
8.3	Indications complémentaires.....	46
<b>9</b>	<b>Joints à tapis .....</b>	<b>47</b>
9.1	Introduction .....	47
9.2	Champ d'application .....	47
9.3	Indications complémentaires.....	48
	<b>Annexes .....</b>	<b>49</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>59</b>
	<b>Liste des modifications .....</b>	<b>61</b>

# 1 Introduction

## 1.1 Objectif de la directive

Le chapitre « Joints de chaussée » de la directive « Détails de construction de ponts » doit permettre d'atteindre les objectifs suivants:

- Création d'une base commune pour les maîtres de l'ouvrage, les projeteurs, les réalisateurs et les fournisseurs
- Formulation de l'ensemble des exigences liées aux joints de chaussée dans les projets de ponts
- Unification et systématisation des documents
- Traitement des problèmes de jonction
- Cohérence avec les principales directives européennes d'homologation ainsi qu'avec les normes SIA sur les structures porteuses
- Choix du joint de chaussée optimal pour les nouveaux ouvrages et lors des remises en état d'ouvrages existants.

La structure du chapitre correspond largement à celle de la directive technique d'homologation européenne « *Guideline for European Technical Approval of Expansion Joints for Road Bridges ETAG* » [1] actuellement en cours de finalisation dans divers groupes de travail internationaux (Working Groups WG) et groupes de travail spécialisés (Task Groups TG); elle n'est en revanche pas encore en vigueur. En attendant que la directive ETA [1] ait force obligatoire, et afin de respecter les exigences de qualité élevées indispensables aux joints de chaussée, nous vous recommandons de n'utiliser, dans le domaine de validité de ce chapitre 2 « Joints de chaussée », que des produits bénéficiant d'une homologation nationale d'Etats de l'UE (p. ex. Allemagne, Autriche, France). Dès que la directive ETA [1] sera en vigueur, et après un délai de transition restant à fixer, il ne sera possible d'équiper les ouvrages que de joints de chaussée dont la conformité aura été établie par une homologation technique européenne ETA.

Ce chapitre traite des joints de chaussée les plus généralement utilisés en Suisse. Les joints à membrane et à tapis, décrits sous les chiffres 7 et 9, sont peu fréquents et sont donc traités plus brièvement. Les joints de chaussée en bitume-polymère (chiffre 8) sont traités en [5] et présentés ici de manière résumée. Ce chapitre ne contient pas d'exigences techniques; formulées en [1], elles ont force obligatoire, en particulier pour les fabricants et les fournisseurs. Pour les joints spéciaux et les exigences particulières, on trouvera des indications dans la directive principale ETA [1] ainsi que dans les normes SIA sur les structures porteuses [7]-[12]. Les répétitions qui apparaissent sous les chiffres 3 à 6 correspondent à la structure de la directive ETA et permettent de traiter ces chiffres comme des entités autonomes.

## 1.2 Champ d'application

Le présent chapitre englobe l'étude, la réalisation et l'entretien des joints de chaussée des ouvrages (co)financés par la Confédération. Il est valable tant pour les joints de chaussée de ponts que pour ceux d'autres structures porteuses. Il concerne tout particulièrement:

- Les joints de chaussée en acier
- Les joints de chaussée masqués (Buried expansion joints)
- Les joints à tapis avec ou sans profilé intermédiaire (Mat expansion joints)
- Les joints de chaussée en bitume-polymère (Flexible plug expansion joints).



## 1.3 Destinataires

Le chapitre « Joints de chaussée » de la directive « Détails de construction des ponts » s'adresse en premier lieu aux spécialistes de l'étude des ponts. Les données qu'on y trouve rendront par ailleurs de précieux services aux responsables de l'exploitation et de l'entretien des routes nationales ainsi qu'aux fabricants et aux fournisseurs.

## 1.4 Entrée en vigueur et modifications

La présente chapitre « Joints de chaussée » de la « Directive Détails de construction de ponts Édition 2011 » entre en vigueur le 01.06.2011. La « Liste des modifications » se trouve à la page 61.

## 1.5 Terminologie et symboles

### 1.5.1 Définition des joints de chaussée

Les joints de chaussée assurent le franchissement ainsi que, généralement, l'étanchéité des joints des tabliers de ponts et d'autres ouvrages de génie civil. Ils doivent pouvoir accepter les déformations de la structure et les mouvements de ses extrémités, supporter la charge du trafic et en assurer la sécurité. Les joints de chaussée sont avant tout sollicités par des charges dynamiques dues aux essieux des véhicules.

### 1.5.2 Genres de joints de chaussée

On distingue plusieurs genres de joints de chaussée en fonction de leur conception (groupe de produits, *family parts*). La directive ETA sur les joints de chaussée [1] a adopté la classification suivante:

*Fig. 1.1 Genres de joints de chaussée (construction) selon la directive ETA [1]*

Joint à membrane (joints masqués) (Buried expansion joints)	(2 <sup>e</sup> partie de la directive ETA) voir ch. 7 de ce chapitre
Joint en bitume-polymère (Flexible plug expansion joints)	(3 <sup>e</sup> partie de la directive ETA) voir [5] et ch. 8
Joint à profilé compressible (Nosing expansion joints)	(4 <sup>e</sup> partie de la directive ETA) voir ch. 3
Joint à tapis (Mat expansion joints)	(5 <sup>e</sup> partie de la directive ETA) voir ch. 9
Joint à peigne en console (Cantilever expansion joints)	(6 <sup>e</sup> partie de la directive ETA) voir ch. 4
Joint à peigne appuyé sous tension (Supported expansion joints)	(7 <sup>e</sup> partie de la directive ETA) voir ch. 5
Joint à plusieurs profilés compressibles (Modular expansion joints)	(8 <sup>e</sup> partie de la directive ETA) voir ch. 6

### 1.5.3 Types des joints de chaussée

Les joints de chaussée d'une même conception (du même genre) se distinguent en types définis en premier lieu par les mouvements de l'ouvrage qu'ils peuvent absorber. Le calcul des mouvements et le choix du type de joint de chaussée qui en découle sont effectués lors de l'analyse de la structure porteuse.

### 1.5.4 Unités de longueur

Les longueurs sont données en m ou en mm.

### 1.5.5 Système de référence et mouvements

Les mouvements se présentent sous forme de translations et de rotations. L'usage est d'orienter l'axe des  $x$  selon l'axe du pont.

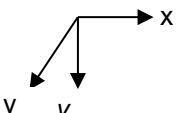
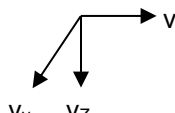
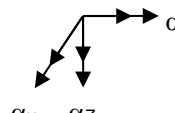
Système de référence	Déplacements	Rotations
		

Fig. 1.2 Système de référence et mouvements.

### 1.5.6 Joints de chaussée de biais

Termes utilisés dans la description des joints de chaussée de biais:

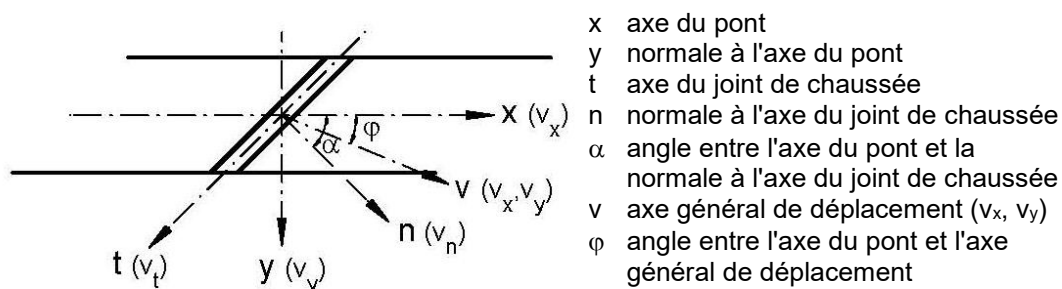


Fig. 1.3 Axes de référence et angles des joints de chaussée de biais (en plan).

## 1.6 Autres prescriptions en vigueur

Ce chapitre s'appuie sur les directives principales de l'OFROU, en particulier [2]- [4], et les normes pertinentes, en particulier les normes SIA sur les structures porteuses [7]-[12].

En utilisant ce chapitre, on tiendra compte de manière raisonnée des éventuelles révisions des normes et directives citées en références.

## 2 Exigences

### 2.1 Projet

#### 2.1.1 Bases

Les joints de chaussée nécessitent un entretien important et coûteux. Il convient donc d'en vérifier la nécessité dans chaque cas. La décision d'en utiliser ou d'y renoncer se discute avec le maître de l'ouvrage lors du choix du type de structure porteuse. On tiendra compte, lors de ce choix, des différents chiffres du chapitre 3 « Extrémités de ponts » de la présente directive.

#### 2.1.2 Exigences générales

Les joints de chaussée doivent satisfaire les exigences suivantes:

- Sécurité structurale
- Résistance à la fatigue
- Bon fonctionnement (capacité de déformation, élasticité)
- Durabilité sous exploitation et exposition aux influences de l'environnement
- Sécurité du trafic
- Niveau de bruit réduit
- Facilité de maintenance et de remplacement.

#### 2.1.3 Principes

Le projet doit tenir compte des principes suivants:

- Les extrémités de pont dilaté doivent être conçues de manière rendre leurs joints de chaussée aisément accessibles, contrôlables et permettre leur changement à moindres frais.
- Le choix du joint dépend en premier lieu des déplacements longitudinaux  $v_x$  et des rotations aux extrémités du pont (capacité de déformation). On tiendra compte de la sensibilité aux déformations imprévues (p. ex. tassement du sol).
- Les ponts à culée et appuis fixes n'ont en général pas besoin de joints de chaussée. Un joint peut cependant être indiqué pour prévenir les fissures du revêtement lorsque la surface de la chaussée subit d'importantes déformations en raison de la rotation des appuis.
- Le mouvement des joints de chaussée et la direction de déplacement de l'appui doivent être coordonnés. C'est particulièrement le cas lorsque les appuis sont disposés de manière polaire (fig. 18, chap. 1 « Appareils d'appui ») ou pour les joints de chaussée biais.
- Dans les ponts à pente longitudinale et à appareils d'appui horizontaux, la translation  $v_x$  produit un déplacement vertical dans le joint de chaussée qui doit être pris en compte lors de l'étude. Dans certains cas, il peut être judicieux d'incliner les appuis dans le sens de la pente.
- La flèche de la superstructure du pont occasionne une rotation des appuis  $\alpha_y$ , ce qui entraîne un déplacement vertical dont il faut tenir compte lors du calcul du joint de chaussée.
- La largeur des fentes de joints de chaussée ne doit pas dépasser 60 mm dans le sens du trafic sur les routes à trafic mixte, et 80 mm sur les autoroutes et semi-autoroutes.
- La largeur de l'ouverture du joint (sous le joint de chaussée, voir Fig. 3.1) doit être adaptée à la capacité de déformation et au genre de construction du joint, mais doit être en permanence et au minimum de 100 mm (exceptions: joints à membrane, chiffre 7, et joints en bitume-polymère, chiffre 8). Il s'agit ainsi d'assurer une bonne accessibilité durant toute la durée de vie du pont.

- Pour un type donné de joint, on préférera les constructions robustes aux constructions plus légères. On préférera le type de joint comptant le moins de pièces mobiles.
- Les joints de chaussée doivent pouvoir être parfaitement asséchés. On distingue entre joints de conception étanche et joints de conception non étanche. L'enrobage de l'armature à proximité des joints de chaussée doit être de 60 mm; les faces de la superstructure et des culées se trouvant en dessous d'eux doivent être entièrement protégées par des tôles d'habillage, afin d'éviter que les eaux de surface chargées de produits agressifs n'attaquent les éléments de béton lorsque les joints ont perdu de leur étanchéité ou sont de conception non étanche. Les joints de conception non étanche doivent impérativement être équipés de gouttière. Pour les joints étanches, on y renoncera afin de ne pas gêner le contrôle visuel de la construction par dessous. Dans ce cas, il faut prendre les mesures permettant d'évacuer sans encombre les éventuelles fuites du joint. A cet effet, le radier de visite sera doté d'une rigole en pente. L'eau récoltée est acheminée vers le système d'évacuation des eaux du pont.
- Les éléments de construction du joint en acier qui ne sont pas noyés dans le béton doivent tous bénéficier d'un traitement de surface de résistance à la corrosion catégorie C4 au moins [15] et d'une durée de protection de plus de 15 ans. On peut exceptionnellement utiliser de l'acier inoxydable.
- Pour réduire le risque de formation d'ornières par le trafic lourd, on peut fraiser des nervures d'appui à 45° dans le revêtement du tablier de part et d'autre du joint, et les remplir d'un mortier à haute résistance (voir l'ex. de la Fig. 4.4). Autre possibilité: prévoir des deux côtés du joint un revêtement d'asphalte coulé d'une largeur d'un mètre. Ces deux mesures augmentent la durée de vie du joint et réduisent le bruit de passage sans nuire au confort de conduite.
- Lorsque la rigidité des consoles du tablier de pont est insuffisante ou lorsque l'entretoise d'extrémité ne couvre pas toute la largeur du pont, les écarts de flexion entre les consoles et la culée risquent d'endommager le joint. Il s'agit d'éviter dans la mesure du possible les extrémités de pont peu rigides. Lorsque, exceptionnellement, cela est impossible, l'armature des consoles sera renforcée. Selon les cas, il faudra prévoir leur épaissement afin d'assurer une rigidité suffisante de la partie en porte-à-faux, ainsi que prévoir une hauteur de construction suffisante pour l'encastrement du joint de chaussée. Pour les ponts existants, le dimensionnement et la disposition du joint doivent être adaptés aux conditions existantes. Les flexions relatives ne devraient pas dépasser 5 mm.
- Pour limiter les émissions sonores, on peut, au besoin, outre le choix d'un joint adapté, prévoir une protection phonique supplémentaire dans l'ouverture du joint. Il s'agit en général de lés d'isolation acoustique souples en élastomères. Cette protection doit être étanche, résister au sel de déverglaçage comme à des températures de -40°C à +100°C et absorber fortement le son. Elle doit être facilement démontable lors des opérations d'entretien. On préférera les lés modulaires se chevauchant longitudinalement dans le sens du joint de chaussée, ce qui en facilite le démontage partiel.

### 2.1.4 Exigences et prescriptions spéciales selon la directive ETA

Lors du choix du joint de chaussée, on respectera les prescriptions suivantes:

- Exigences de sécurité structurale et d'aptitude au service

Afin d'unifier l'homologation des produits, la 1ère partie de la directive ETA [1] pose des exigences s'appliquant à tous les joints de chaussée avec procédés de contrôle correspondant (dans la mesure où ils sont réalisables).

Aspects et exigences formulés en 1ère partie de la directive ETA [1]:

- Procédure d'essai pour la sécurité structurale
- Procédure d'essai pour l'aptitude au service
- Procédure d'essai pour la résistance à la fatigue
- Etat limite de la résistance
- Etat limite de l'aptitude au service
- Résistance à la fatigue selon la durée de vie déclarée par le constructeur ou fixée par convention (générale; spécifique dans les parties 2 à 8)
- Comportement parasismique
- Capacité de déformation nécessaire pour assurer les états limite d'utilisation (translations et rotations)
- Ancrage dans les culées et à la superstructure du pont
- Facilité de nettoyage (auto-nettoyage, bonne accessibilité)
- Résistance à l'usure mécanique
- Etanchéité (sans qualification des raccords d'étanchéité)
- Fente acceptable (sécurité des usagers de la route)
- Décalage vertical acceptable sur la chaussée, sans charge et sous charge (confort de conduite)
- Adéquation aux chasse-neige
- Qualité antidérapante (rugosité)
- Capacité d'évacuation des eaux (pour les joints de conception non étanches)
- Exigences de protection contre le bruit.

On trouve dans les parties 2 à 8 de la directive ETA [1] des dispositions spécifiques aux différents genres de construction (familles de produits) concernant:

- Durabilité
  - Durée de vie (volume de trafic)
  - Protection des parties en acier contre la corrosion et autres attaques physico-chimiques (cycle gel-dégel avec usage de sel)
  - Vieillessement (profilés de dilatation et d'étanchéité, coussins de glissement)
- Pose
  - Procédure de pose
  - Système d'ancrage (goujons, pattes d'ancrage, étriers, etc.)
  - Espace disponible pour les opérations de bétonnage
- Maintenance, remise en état et remplacement
  - Procédure d'essai pour la sécurité structurale
  - Accessibilité pour l'observation et les inspections (surveillance)
  - Nettoyage (auto-nettoyage et possibilités de nettoyage lors de la maintenance)
  - Facilité d'entretien (pièces de construction mécaniques)
  - Accessibilité pour la maintenance et la remise en état
  - Echangeabilité des pièces d'usure et d'éléments entiers de construction sans interruption du trafic
  - Convention d'utilisation
  - Documentation de l'ouvrage construit, comprenant en particulier les plans de maintenance et de surveillance.

Il en ressort que la 1ère partie de la directive ne peut s'appliquer qu'avec celle des parties 2 à 8 correspondant au produit utilisé.

### 2.1.5 Critères de choix du genre de joint de chaussée

Le tableau ci-dessous peut aider à déterminer le genre de joint approprié aux exigences du projet.

Fig. 2.1 Critères de choix et leur évaluation pour différents genres de joints de chaussée

	Joint en bitume-polymère	Joint à profilé compressible	Joint à tapis
<b>Bon fonctionnement</b>			
Capacité de déformation : - Translation normale ( $v_n$ )	+ 20 mm / - 10 mm (1)	jusqu'à env. 80 mm (5)	jusqu'à env. 200 mm
- Translation parallèle ( $v_l$ ) - Translation verticale ( $v_z$ ) - Rotation ( $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ )	aucune (2) aucune faible rotation possible	jusque 80 mm (6) jusque 10 mm (7) forte rotation possible	10 mm 10 mm faible rotation possible
Efforts générés dans l'ouvrage	4	4	2 (9)
Comportement parasismique	4	4	2
<b>Durabilité</b>			
Robustesse (usure)	2	4	de 1 à 2
Résistance à la corrosion	4	3	3
Étanchéité (compte tenu de la rigole d'évacuation)	3	4	2
Durée de vie	2	4	2
<b>Sécurité pour le trafic</b>			
Rugosité (largeur de fente)	4	4	2
Adéquation chasse-neige	3	3	1
Confort de conduite	4	3	2
Emission sonore	4	2/3 (8)	de 2 à 3
<b>Pose / remplacement</b>			
Adaptation à la géométrie	4	3	2
Préréglage	1 (3)	4	1
Changement des appuis (hauteur de levage)	2 (4)	4	3
Coût surveillance	3	4	3
Maintenance (facilité de nettoyage)	4	de 3 à 4	4
Coût remise en état	3	3	3
Remplacement (par étapes)	4	3	2
<b>Coûts</b>			
Coûts d'investissement	4	3	de 2 à 3
Coûts d'entretien	2	3	2

Légende: 4 très approprié, très favorable      2 moins approprié, faisable  
3 approprié, favorable      1 défavorable, à ne pas recommander

- |  |  |
|--|--|
| (1) valable pour largeur standard de la cavité du joint = 500 mm                           | (5) sans plaques sinusoïdales: 80 mm; avec: 100 mm               |
| (2) à l'exception des ponts portés de biais (voir [5], chiffre 2.4: limites d'utilisation) | (6) sans plaques sinusoïdales: 80 mm; avec: 5 mm                 |
| (3) indirect par température de pose en comparaison avec la température locale moyenne     | (7) confort de conduite réduit pour $v_z > 10$ mm                |
| (4) limite: 5 mm   | (8) sans plaques sinusoïdales: 2; avec 2 plaques sinusoïdales: 3 |
|  | (9) importante force de rappel                                   |

Parmi eux, les joints en bitume-polymère, les joints à un ou plusieurs profilés compressibles ainsi que les joints à membrane sont réputés étanches, les autres joints du tableau sont réputés non étanches (sans tenir compte de la rigole d'évacuation des eaux).

La capacité de déformation est définie comme la somme des valeurs maximales des déplacements.

Fig. 2.2 Critères de choix et leur évaluation pour différents genres de joints de chaussée

	Joint à peigne en console	Joint à peigne appuyé	Joint à souffles multiples
<b>Bon fonctionnement</b>			
Capacité de déformation: - Translation normale ( $v_n$ )	jusqu'à env. 440 mm	jusqu'à env. 800 mm	de 160 mm jusqu'à typ. 1'000 mm
- Translation parallèle ( $v_t$ ) - Translation verticale ( $v_z$ ) - Rotation ( $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ )	jusqu'à 5 mm (10) 10 mm (11) faible rotation possible	jusqu'à 5 mm (10) 10 mm (11) $\alpha_y$ libre, $\alpha_x$ et $\alpha_z$ aucune	dépend du système jusqu'à 20 mm (13) libre
Efforts générés dans l'ouvrage	2 (12)	3	4
Comportement parasismique	2	2	4
<b>Durabilité</b>			
Robustesse (usure)	4	3	3
Résistance à la corrosion	3	3	3
Étanchéité (compte tenu de la rigole d'évacuation)	3	3	de 3 à 4
Durée de vie	4	3	3
<b>Sécurité pour le trafic</b>			
Rugosité (largeur de fente)	2	2	2
Adéquation chasse-neige	3	3	3
Confort de conduite	3	3	2
Emission sonore	3	3	1/3 (14)
<b>Pose / remplacement</b>			
Adaptation à la géométrie	3	3	3
Préréglage	4	4	4
Changement des appuis (hauteur de levage)	3	3	4
Coût surveillance	3	de 1 à 2	2
Maintenance (facilité de nettoyage)	de 3 à 4	de 2 à 3	de 3 à 4
Coût remise en état	4	3	2
Remplacement (par étapes)	4	4	3
<b>Coûts</b>			
Coûts d'investissement	de 2 à 3	3	de 2 à 3
Coûts d'entretien	4	3	3

Légende: 4 très approprié, très favorable      2 moins approprié, faisable  
3 approprié, favorable      1 défavorable, pas recommandé

- (10) jeu dans l'appareil d'appui      (13) perte de confort de conduite pour  $v_z > 20$  mm  
(11) selon l'importance du biais du peigne avant      (14) sans plaques sinusoïdales: 1, avec plaques sinusoïdales: 3  
(12) encastrement

## 2.2 Analyse structurale

### 2.2.1 Base du projet

Le projet doit tenir compte des exigences de base imposées à l'ouvrage en matière de sécurité structurale, d'aptitude au service et de durabilité.

### 2.2.2 Choix du concept d'appui et de dilatation

Le choix du concept d'appui et de dilatation a une forte incidence sur les mouvements de la structure porteuse et sur le choix du genre et du type de joints de chaussée.

### 2.2.3 Mouvements liées à la température

- Les valeurs caractéristiques des mouvements aux appuis et aux joints de chaussée dus aux changements de température sont issues de la norme SIA 261 chiffre 7.2. La Fig. 2.3 donne les valeurs caractéristiques des changements uniformes de température  $\Delta T_{1k}$  ainsi que les valeurs augmentées de 50% selon le chiffre 7.2.6 de la norme SIA 261.
- Les valeurs augmentées de 50% tiennent compte du fait que les changements de température  $\Delta T_{1k}$  considérés dans la norme peuvent parfois être dépassés. Ces dépassements ont été confirmés par des études [16].

*Fig. 2.3 Valeurs caractéristiques des changements uniformes de température pour la vérification de l'aptitude au service des appareils d'appui et des joints de chaussée*

Type de construction	$\Delta T_{1k}$	dépassement 50 %	
Béton armé, béton précontraint	$\pm 20^\circ \text{ C}$	$\pm 10^\circ \text{ C}$	<b><math>\pm 30^\circ \text{ C}</math></b>
Acier	$\pm 30^\circ \text{ C}$	$\pm 15^\circ \text{ C}$	<b><math>\pm 45^\circ \text{ C}</math></b>
Construction mixte acier-béton	$\pm 25^\circ \text{ C}$	$\pm 12.5^\circ \text{ C}$	<b><math>\pm 37.5^\circ \text{ C}</math></b>

- Le changement uniforme de température se réfère à la température locale moyenne annuelle. Sur le plateau suisse, elle est généralement de  $10^\circ \text{ C}$ . On trouvera des données plus précises au chiffre 9 de la norme SIA 261/1.
- Il faut tenir compte de la différence entre la température locale annuelle moyenne et celle qui prévaudra au moment de l'installation des joints de chaussée. Lorsque la date de la pose est connue à l'avance, le préréglage est possible. Autrement, on prévoira une fourchette de températures raisonnable lors de l'installation des joints de chaussée.
- Selon la norme SIA 262 chiffre 3.1.2.4.1, le coefficient de dilatation thermique  $\alpha_T$  du béton peut varier d'environ  $6 \cdot 10^{-6}$  à  $15 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .
- En général, la valeur recommandée pour la structure porteuse  $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  peut être également utilisée pour les mouvements aux appuis et aux joints de chaussée. Dans certains cas particuliers, la valeur de  $\alpha_T$  doit être déterminée par des essais.

### 2.2.4 Mouvements dus aux propriétés propres des matériaux

Les valeurs caractéristiques des mouvements dus aux propriétés propres des matériaux (retrait, fluage, déformations élastiques à la suite de charges continues et de la précontrainte) doivent être déterminées sur la base des hypothèses de la norme SIA 262.

### 2.2.5 Autres facteurs de déformation

On tiendra également compte de l'influence des autres facteurs de déformations (p. ex. charges verticales et horizontales sur la chaussée, vents latéraux, etc.).

### 2.2.6 Indications pour le calcul des déformations

- Les joints de chaussée sont sensibles aux déformations dépassant les valeurs prévues. Il faut s'assurer que, le cas échéant, ils ne se comportent pas de façon imprévue et ne subissent pas de dommage. On tiendra compte des indications relatives aux situations de projet (chiffre 2.3.2) ( $E_d < C_d$ ).
- Lors du calcul des déformations des joints de chaussée, on tiendra compte du changement de position du point fixe en cours de construction de l'ouvrage.
- On tiendra compte de l'influence des rapports de rigidité, des éventuels déformations des fondations de l'ouvrage et des tassements du sol de fondation sur les déformations des joints de chaussée.
- Lorsque les appareils d'appui de la superstructure sont de type flottant, les déplacements sont influencés par les différentes forces de frottement aux appuis et par les forces de rappel des piliers; la position du point fixe n'est donc pas connue de



manière fiable. C'est pourquoi, dans certains cas, il faut calculer les mouvements aux joints de chaussée en considérant le point fixe dans sa position la plus défavorable.

- Lorsqu'une étude plus approfondie ne s'impose pas, on peut déterminer la position extrême du point fixe à l'aide des valeurs limites suivantes:

$$\mu_a = 0.5 \mu_{\max} (1 + \alpha_n)$$

$$\mu_r = 0.5 \mu_{\max} (1 - \alpha_n).$$

avec:

$\mu_a$  coefficient de frottement le moins favorable (agissant en charge)

$\mu_r$  coefficient de frottement le plus favorable (agissant en décharge)

$\mu_{\max}$  coefficient de frottement maximum selon la norme européenne (voir chiffre 2.5 du chap. 1 appareil d'appui)

$\alpha_n$  facteur dépendant du genre et du nombre d'appuis à considérer. Les valeurs de  $\alpha_n$  peuvent être déduites de la Fig. 2.4.

*Fig. 2.4 Facteur  $\alpha_n$*

Nombre d'appuis n	Facteur $\alpha_n$
$\leq 4$	1
$4 < n < 10$	$\frac{16 - n}{12}$
$\geq 10$	0.5

Ces valeurs découlent de déformations aux appareils d'appui et aux joints de chaussée. Les forces de frottement dont l'effet est favorable doivent être ignorées.

### 2.2.7 Forces de rappel

Pour certains genres de joints de chaussée, les mouvements entraînent des forces de rappel ou des efforts parasites. Il s'agit de tenir compte, en particulier aux points d'ancrage des joints de chaussée et lors de l'examen de la structure porteuse dans le voisinage du joint, de ces effets secondaires, généralement limités. Les fabricants de joints doivent déterminer et préciser les positions limites des différents genres et types de joints de chaussée.

## 2.3 Dimensionnement des joints de chaussée

### 2.3.1 Attribution des tâches

Le choix du genre de joint de chaussée est effectué par l'auteur du projet en accord avec le maître de l'ouvrage. Dans sa soumission, l'auteur du projet livre la valeur de dimensionnement des mouvements des différentes situations de projet. Le fournisseur fournit le produit qui satisfait au mieux les exigences de l'auteur du projet. Ce dernier vérifie les plans de détails du produit à poser fourni par le fabricant.

La preuve de la sécurité structurale de l'ancrage des joints de chaussée dans la structure du pont incombe à l'auteur du projet, qui en discute avec le fournisseur. Les éléments d'ancrage des joints sont dimensionnés par le fabricant. L'adéquation de l'armature métallique dans les zones d'ancrage relève de la responsabilité de l'auteur du projet. Il s'agit de s'assurer que les joints pourront être scellés sans problème dans le béton.

Le fabricant fournit des joints de chaussée conformes à la directive ETA. Il est responsable du respect des valeurs qu'il déclare ainsi que des limites de la stabilité structurale des joints et de leur aptitude au service.

### 2.3.2 Précisions sur les situations de projet

La règle veut qu'on apporte la preuve de la stabilité structurale et de l'aptitude au service des pièces calculées pour toutes les situations de projet pertinentes.

En ce qui concerne la capacité de déformation des joints, la preuve doit être apportée qu'ils sont aptes au service également pour des cas de charge particuliers. L'aptitude au service est réputée établie lorsque la condition suivante est remplie:

$$E_d = E \{ \gamma_F (G_k, P_k, Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}), X_d, a_d \} \leq C_d$$

avec:

$\gamma_F$	facteur de charge
$G_k$	valeur caractéristique des actions permanentes
$P_k$	valeur caractéristique de précontrainte
$Q_{k1}$	valeur caractéristique des actions prépondérantes variables
$\psi_{0i}$	facteur de réduction des valeurs rares d'actions variables concomitantes
$Q_{ki}$	valeur caractéristique d'une action variable concomitante
$X_d$	valeur de calcul d'une propriété d'un matériaux ou d'un sol de fondation
$a_d$	valeur de calcul d'une donnée géométrique

$E_d$  décrit l'effet déterminant de la prise en compte des cas de charges rares dans les situations de projet étudiées;  $C_d$  est la limite de service (voir les formules 8 et 20 de la norme SIA 260).

Facteurs de réduction  $\psi_0$  des valeurs rares d'actions variables concomitantes:

- effets de la température:  $\psi_0 = 0.60$
- effets de la charge de trafic:  $\psi_0 = 0.75$
- effets du vent:  $\psi_0 = 0.60$

Conformément à la norme SIA 260, chiffre 4.4.4.3,  $E_d$  est en général calculé avec  $\gamma_F = 1.0$ . Comme les joints de chaussée sont sensibles aux dépassements de la valeurs limites autorisées des déformations, il est nécessaire de s'assurer une marge de sécurité élevée. C'est pourquoi la démonstration de l'aptitude au service avec un facteur de charge de  $\gamma_F = 1.5$  est exigée.

Ce facteur couvre également les imprécisions de variations des moyennes annuelles de la température locale, celles du coefficient de dilatation thermique  $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  et celles

de la température d'installation prévue. Dans certains cas dument justifiés, le facteur de charge peut être réduit, mais pas en deçà de  $\gamma_F = 1.25$ .

L'augmentation de 50 % de la valeur  $\Delta T_{1k}$  selon la Fig. 2.3 et du facteur de charge  $\gamma_F$  pour la vérification de l'aptitude au service repose sur une hypothèse conservatrice n'ayant généralement que peu d'influence sur le coût des appareils d'appui (voir le chapitre 1 de cette directive). En ce qui concerne les joints de chaussée, l'augmentation de ce facteur de charge peut entraîner des surcoûts importants, si bien qu'il est utile d'analyser plus à fond les phénomènes de déformation. La réduction du facteur de correction de charge  $\gamma_F$  de 1.5 à 1.25 dépend de la fiabilité des données thermiques locales et des indications des paragraphes 2.2.3 et 2.3.3. En l'absence d'études poussées, on fixera le facteur de charge à  $\gamma_F = 1.5$ .

Exemples de situations de projet:

- *Facteur prépondérant: température*

$$v_d = \gamma_F [v_k (\text{action constante y c. précontrainte, retrait, fluage}) + v_k (\text{température}) + 0.75 v_k (\text{charge de trafic})]$$

- *Facteur prépondérant: charge de trafic*

$$v_d = \gamma_F [v_k (\text{action constante y c. précontrainte, retrait, fluage}) + v_k (\text{charge de trafic}) + 0.60 v_k (\text{température})]$$

avec  $v_k$  : mouvement caractéristique et  $v_d$  : mouvement mesuré.

La démonstration du bon comportement parasismique ne doit être apportée que pour les joints de chaussée des ponts de classe d'ouvrage III. Les conséquences d'un séisme doivent être limitées par des mesures constructives appropriées. Lorsque, dans certains cas particuliers, les joints de chaussée font l'objet d'exigences parasismiques particulières, ces exigences doivent faire l'objet d'un accord entre le maître de l'ouvrage, l'auteur du projet, le constructeur et le fournisseur. Pour les ponts existants, l'application du présent règlement se fait en accord avec l'OFROU.

### 2.3.3 Préréglage des joints de chaussée

La différence entre la température réelle lors de la pose et la moyenne annuelle locale ainsi que les déformations déjà provoquées par le retrait et le fluage peuvent être compensées par un préréglage adéquat du joint.

Il est souvent judicieux du point de vue technique et économique de procéder au préréglage des joints de chaussée.

Le préréglage doit être assuré par le fabricant, en usine. Les réglages fins sur le chantier ne peuvent être effectués que par le fabricant ou sous sa supervision.

La valeur du préréglage doit être établie par l'auteur du projet. Ce dernier, sur mandat de la direction des travaux, vérifie si le préréglage est correct et ajusté aux conditions locales au moment de la mise en place définitive du joint avant le bétonnage.

## 2.4 Exécution des joints de chaussée

### 2.4.1 Généralités

Les joints doivent être conçus de telle sorte que leurs mouvements n'occasionnent que des contraintes minimales sur les points d'ancrage tout au long de leur durée de vie.

Les possibilités de raccord des joints aux étanchéités du pont et au revêtement du tablier sont étudiées au chapitre 5 de cette directive.

### 2.4.2 Mesures de garantie contre le relâchement des éléments du joint

On s'assurera par des mesures appropriées que les différents éléments du joint ne pourront ni se relâcher ni se détacher, en particulier à la suite des effets dynamiques.

### 2.4.3 Identification des joints de chaussée

Les joints doivent être identifiés par les indications suivantes:

- Nom du fabricant
- Année de fabrication
- Type de joint de chaussée
- Capacité de déformation (souffle normal, évent. déplacement parallèle)
- Numéro de série du fabricant.

L'identification doit être effectuée de manière à éviter toute ambiguïté, à rester solidaire de l'objet et durablement lisible.

Les plans d'exécution doivent contenir toutes les informations relatives aux capacités de déformation (translations, déplacements parallèles et verticaux, rotations  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ ).

### 2.4.4 Préparation du transport et pose

Les joints comprenant plusieurs éléments sont en principe prémontés en usine. Les éléments sont tenus entre eux (liaisons, pièces auxiliaires de maintien) dans leur configuration finale dès la fabrication, comme lors du transport et de la pose. Les pièces auxiliaires de maintien des liaisons doivent être marquées p. ex. par des couleurs distinctes et doivent pouvoir être aisément retirées après la pose.

Les joints trop lourds pour être déplacés à la main doivent être équipés de crochets ou de dispositifs équivalents permettant le levage mécanique.

## 2.5 Conformité

Les exigences auxquelles les joints de chaussée sont soumises sont détaillées dans la directive ETA [1],

Le contrôle de la conformité des joints de chaussée avec la présente directive est assuré par une procédure d'évaluation. La conformité est établie lorsque le test de qualification et les contrôles de qualité internes en usine (CQU) satisfont aux exigences de [1].

Le test de qualification comprend l'examen initial de la conformité du produit (avec rapport d'examen) avec ses spécifications techniques déterminantes, selon [1], par un organisme de contrôle accrédité. Le test de qualification doit être réalisé avant le début de la production. Il doit être répété lorsque le produit ou son procédé de fabrication sont modifiés.

Les contrôles de qualité internes en usine sont une procédure continue d'autocontrôle du fabricant. Celui-ci est responsable de leur organisation et de leur documentation. On peut également exiger que le fabricant confie un contrôle complémentaire à un service extérieur d'inspection technique accrédité (avec rapport d'inspection).

Lorsque le produit correspond à une directive européenne, il peut être certifié conforme par un organisme d'évaluation de conformité ou par un service d'homologation accrédité et, éventuellement, identifié par la marque CE (certification de conformité ou d'homologation).

À l'entrée en vigueur de la directive ETA [1] sur les joints de chaussée, un délai de transition permettra encore d'installer des joints de chaussée dont la conformité aura été certifiée par un agrément technique européen ETA. Il appartient à l'auteur du projet et à la direction des travaux de s'assurer que le produit choisi bénéficie d'un agrément ETA et que le produit livré correspond au produit choisi. On trouvera plus de détails sur la mise en œuvre pratique de la directive européenne sur les produits dans [20].

### 3 Joints de chaussée à profilé compressible

#### 3.1 Introduction

Les joints de chaussée à profilé compressible sont équipés de profilés d'about en acier, en béton, en résine époxy ou en élastomères. Les plus fréquents sont les profilés d'acier fermement liés (liaison complète) à la structure porteuse par des éléments d'ancrage. La fente entre les profilés de rive est couverte par un profilé compressible qui n'a aucune fonction de reprise de charge. Les joints de chaussée à profilé compressible sont réputés étanches.

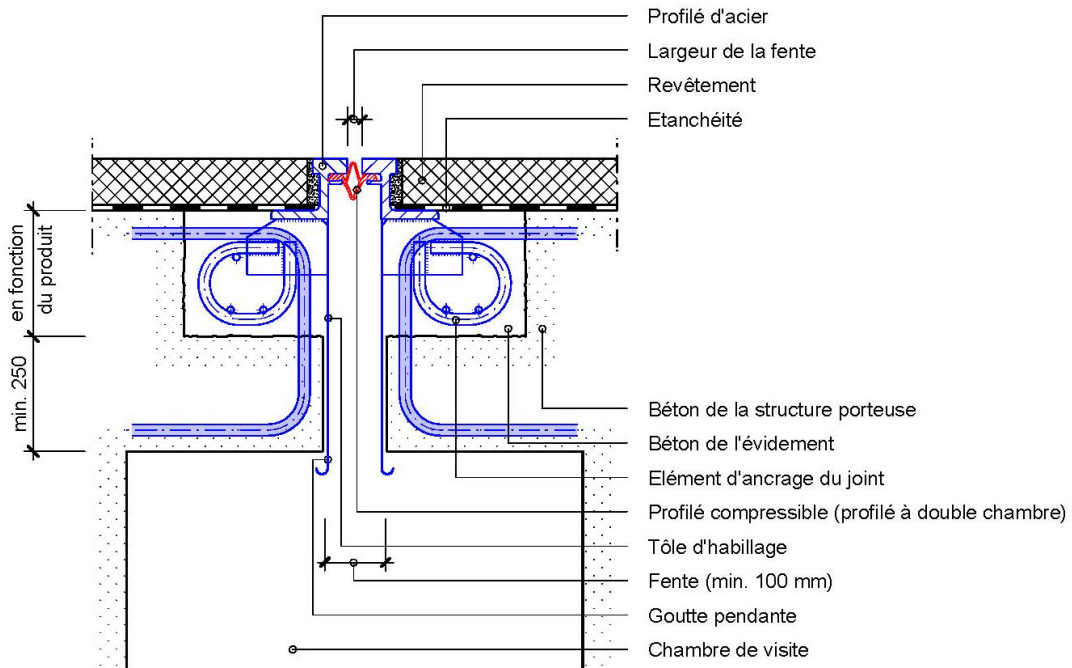


Fig. 3.1 Coupe schématique d'un joint de chaussée à profilé compressible.

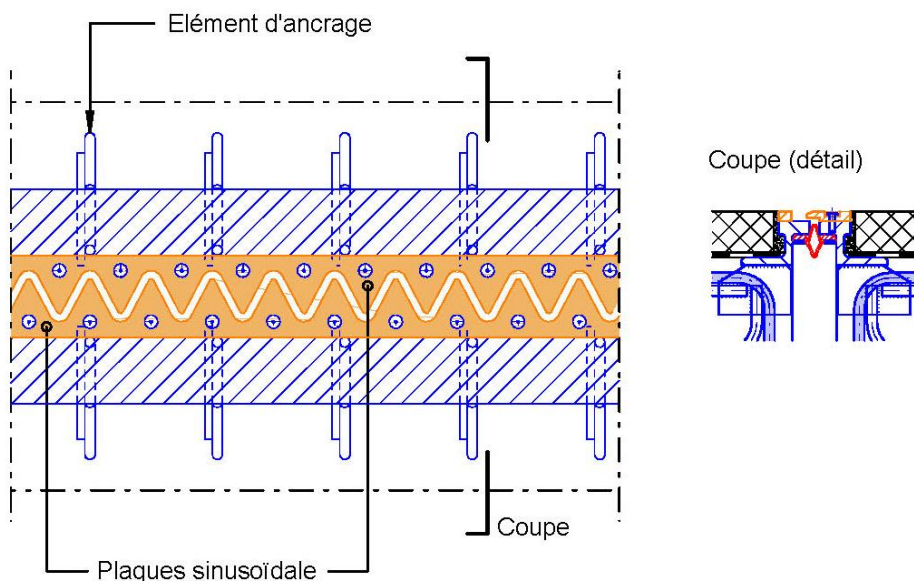


Fig. 3.2 Vue de dessus et coupe schématiques d'un joint de chaussée à profilé compressible et plaque sinusoïdale.

## 3.2 Champ d'application

Les joints à profilé compressible sont généralement utilisés lorsque le souffle est inférieur ou égal à 80 mm (largeur de fente 0 à 80 mm). Lorsque les fentes sont plus importantes, les émissions sonores dues au trafic augmentent et le confort de conduite diminue.

Les joints à profilé compressible conviennent aux ponts destinés à un trafic mixte (trafic motorisé plus cyclistes et piétons).

Les constructions à plaques sinusoïdales suppriment les arrêtes perpendiculaires au trafic. Les pneus restent ainsi en contact continu avec le joint, ce qui réduit le bruit de passage et améliore le confort de conduite. Les joints à plaques sinusoïdales conviennent donc particulièrement aux ouvrages réalisés dans des zones sensibles au bruit. Les joints à plaques sinusoïdales s'utilisent en général pour des souffles allant jusqu'à 100 mm (largeur de fente de 0 à 100 mm).



*Fig. 3.3 Joints de chaussée à profilé compressible  
(à gauche, sans plaques sinusoïdales; à droite, avec plaques sinusoïdales).*

## 3.3 Éléments de construction du joint

### 3.3.1 Profilés d'acier

On utilisera des aciers des groupes de qualité décrits par la norme SIA 263 (annexe A, tableau 18, avec température de service déterminante de l'élément de construction  $T_{min.} < -10^{\circ}\text{C}$ , variations de charge fréquentes). Ces aciers doivent présenter une ductilité suffisante et une bonne soudabilité. Les éléments d'acier proches de la surface de roulement et exerçant une fonction porteuse doivent présenter une épaisseur d'au moins 14 mm. Le fabricant doit satisfaire les exigences de [19] et présenter un certificat le confirmant.

### 3.3.2 Eléments d'ancrage

L'ancrage peut être assuré par des étriers (pattes d'ancrage), des goujons ou des chevilles. Les fers d'ancrage en acier plat ne sont autorisés que dans certains cas dûment justifiés et doivent être agréés par le maître de l'ouvrage.

Les étriers doivent être orientés dans le sens de l'armature du pont et en soudés avec celle-ci. Les soudages bout à bout ne sont pas admis. La distance entre étriers est au maximum de 250 mm, la section de l'armature doit être d'au moins 1'000 mm<sup>2</sup>/m'. Après le montage, au moins trois fers d'armature d'un diamètre de 12 mm doivent être placés dans les étriers.

Lors du bétonnage des étriers, on prendra garde à éviter toute inclusion d'air pouvant nuire à la qualité du béton. Des événements gênereux sont à prévoir (min. 15 mm de diamètre, distance entre trous max. 250 mm) dans les parties horizontales des profilés d'acier.

Il est également possible d'ancrer le profilé d'acier dans du béton polymère. Cette méthode est privilégiée lors des remises en état ou lorsque la hauteur de la réservation est limitée. En règle générale, les joints ancrés de la sorte ne sont pas liés à l'armature de l'ouvrage. L'aptitude au service des systèmes ancrés dans le béton polymère doit avoir été établie par des essais de résistance de longue durée.

### 3.3.3 Tôles d'habillage

Les tôles d'habillage ferment verticalement les réservations. Elles doivent être soudées ou vissées en usine par le haut au profilé de rive du joint de chaussée et équipées, en bas, d'une goutte pendante coudée et saillante (recommandation: tôle de 2 mm au min.).

Les tôles d'habillage doivent être soit revêtues par le même produit que le joint, soit être en acier inoxydable. Pour prévenir la corrosion, on s'assurera de la compatibilité du matériau de la tôle d'habillage avec celui du joint de chaussée.

### 3.3.4 Réservations

Les réservations ménagées pour l'installation des joints de chaussée doivent offrir suffisamment de place aux éléments d'ancrage et à l'armature de renforcement et permettre une pose aisée des joints. Au bas de ces réservations, on prévoit généralement une saillie de béton d'au moins 250 mm d'épaisseur permettant la pose du joint (Fig. ). Il n'est en général pas indiqué de prévoir une fermeture horizontale directement sous la réservation.

### 3.3.5 Profilés compressibles

Les profilés compressibles sont généralement faits d'élastomère et ont pour tâche d'assurer l'étanchéité du joint. On utilisera des profilés à double chambre (profilé à dos rond). La section du profilé doit être en mesure de prévenir l'accumulation de saletés dans l'ouverture du joint.

Les profilés compressibles doivent pouvoir être remplacés. Ils sont soit enchâssés dans le joint, soit fixés par des rails de serrage. Dans ce dernier cas, la fixation du rail avec le profilé compressible doit être assurée par des vis à pans creux noyées. On veillera à la compatibilité des matériaux pour prévenir la corrosion.

### 3.3.6 Gouttière

Les joints de chaussée à profilé compressible sont réputés étanches. Pour ne pas en compliquer le contrôle visuel, on ne les équipe généralement pas de gouttière. Si toutefois une gouttière s'avère nécessaire, elle doit être disposée de manière à pouvoir être facilement démontable lors des inspections.



### 3.3.7 Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée

Les joints de chaussée doivent présenter un replat horizontal d'une largeur min. de 100 mm permettant le collage du lés d'étanchéité, ceci afin d'éviter la pénétration de l'eau sous l'étanchéité.

### 3.3.8 Raccord du revêtement

Dans le voisinage du joint, l'épaisseur du revêtement est généralement d'au moins 100 mm pour la chaussée, et de 70 mm pour un trottoir. La hauteur de la pièce de rive du joint doit être adaptée à l'épaisseur du revêtement.

### 3.3.9 Tête de console

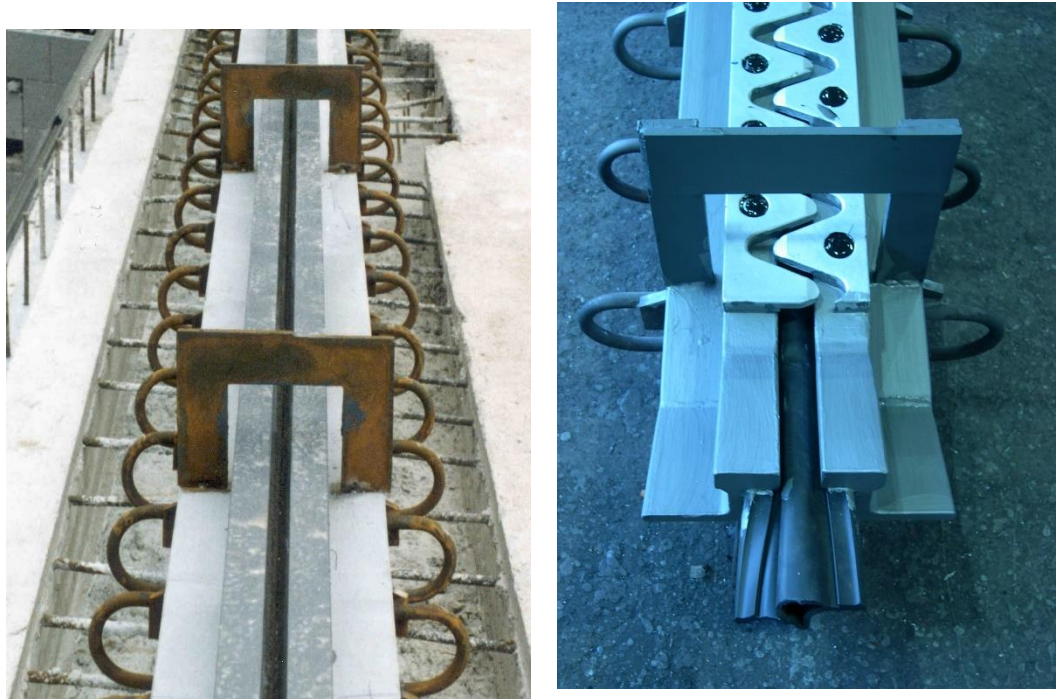
En tête de console, les joints doivent être coudés vers le haut pour empêcher les eaux de surface de couler vers l'extérieur. Les tôles d'habillage des têtes de consoles doivent être scellées dans le béton et ne doivent pas dépasser (en particulier pour les parapets).

### 3.3.10 Tôle de trottoir

Sur les trottoirs, les joints de chaussée peuvent être couverts d'une tôle inoxydable antidérapante supplémentaire. Les tôles d'acier inoxydable ne doivent pas être soudées à des tôles d'acier noir ou à de l'acier de construction; elles doivent y être vissées.

### 3.3.11 Pose

Les joints à profilé compressible sont prémontés en usine et maintenus aux dimensions voulues par des traverses de montage. Les réglages complémentaires éventuellement nécessaires ne peuvent être effectués sur place que par le fabricant ou sous sa responsabilité.



*Fig. 3.4 Joints de chaussée prêts à être posés, avec leur profilé compressible (à gauche, sans plaques sinusoïdales; à droite avec plaques sinusoïdales).*



Les joints sont posés dans les réservations ménagées à leur intention, puis ajustés en hauteur et en direction. Les éléments d'ancrage sont alors soudés à l'armature de raccordement. Après quoi, on verse et compacte soigneusement le béton dans la réservation afin d'éviter les vides.

Dans les ouvrages neufs, on livrera si possible les constructions d'acier en une pièce. Lors d'un remplacement, les joints à profilé compressible peuvent également être montés par étapes. Leurs joints de montage, préparés en usine, se présentent généralement sous forme de liaisons vissées. Lorsque la livraison est effectuée en pièces détachées, ces dernières, après avoir été montées, doivent être soudées les unes aux autres par un spécialiste, conformément aux instructions du fabricant. Le traitement de surface doit être localement complété.

Les profilés compressibles doivent être livrés et posés en une seule pièce sur la largeur complète du pont. Ils ne doivent être installés qu'après le bétonnage des joints de chaussée.

### 3.4 Surveillance

La surveillance s'effectue périodiquement par des observations, des inspections et des mesures de contrôle conformément à [3] et [7].

Lors de l'inspection des joints à profilé compressible, on vérifiera tout particulièrement:

- la liaison parfaite du joint avec la structure porteuse (facteur de sécurité et de résistance à la fatigue)
- le bon fonctionnement du joint (largeur de fente, décalage vertical par rapport au revêtement adjacent)
- l'étanchéité du profil compressible

Le détail des points à surveiller est fixé dans un plan de surveillance spécifique à chaque ouvrage.

### 3.5 Maintenance, remise en état et remplacement

La durée de vie des pièces d'usure des joints de chaussée doit être de 25 ans, elles doivent être remplaçables. La durée de vie des autres pièces doit être de 50 ans au moins. On s'assurera que le profilé compressible puisse être remplacé rapidement et sans trop entraver le trafic. Cela vaut également pour les éléments de construction soumis à l'usure et au vieillissement. Le remplacement des joints de chaussée devrait être réalisable séparément pour chaque voie de circulation ou pièce par pièce.

## 4 Joints à peigne en console

### 4.1 Introduction

Les joints à peigne en console se composent de peignes symétriques ou asymétriques (en forme de plaques, de peigne ou de plaques sinusoïdales) en porte-à-faux. Les peignes sont fixés le long de la plaque de base continue en acier, sur toute sa longueur, par au moins deux rangées de vis. Ils s'interpénètrent pour franchir le joint. Les éléments se raccordent à fleur de chaussée. De la sorte, les pneus de véhicules restent toujours en contact avec le joint.

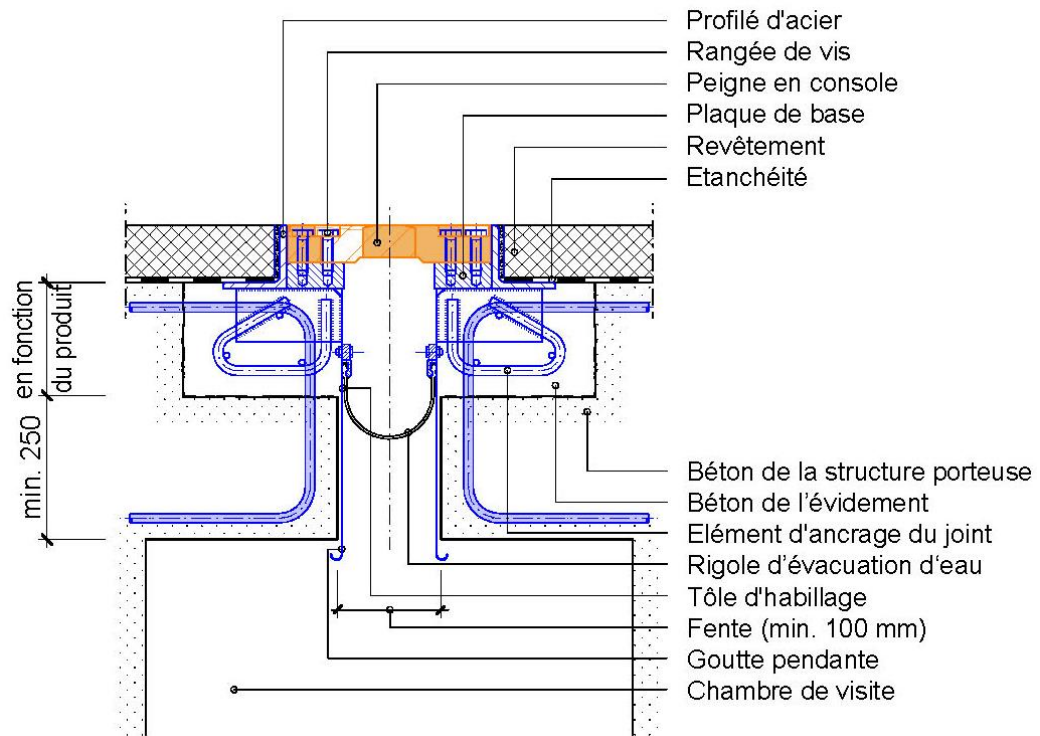


Fig. 4.1 Coupe schématique d'un joint à peigne en console.

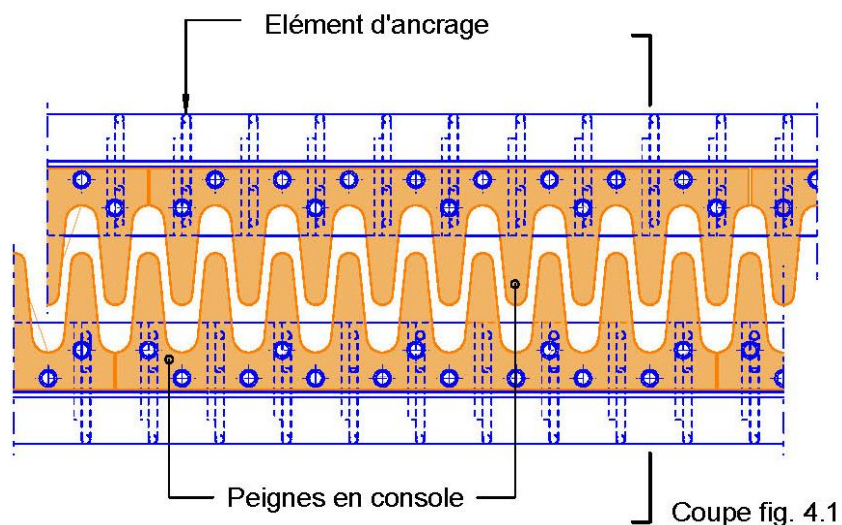


Fig. 4.2 Vue de dessus schématique d'un joint à peigne en console.

## 4.2 Champ d'application

Les joints à peigne en console sont en général utilisés pour des souffles inférieurs ou égaux à 440 mm.

Les joints à peigne en console sont utilisés sur les ponts soumis à de fortes charges de trafic. Le contact continu des pneus avec la surface du joint permet de réduire les émissions sonores et offre un confort de conduite élevé. Pour améliorer l'adhérence et augmenter la sécurité, on peut y fraiser des losanges (voir Fig. 4.3) ou les doter d'un revêtement antidérapant (résine époxy recouverte de sable de quartz); on préférera la première solution car elle offre une durabilité plus élevée. Lorsque, sur des surfaces d'acier supérieures à 150 x 150 mm, il n'est pas possible de prendre des mesures pour assurer la rugosité, il faut s'assurer de la sécurité du dispositif par des essais appropriés.



Fig. 4.3 Joint à peigne avec fraisages en losange.



Fig. 4.4 Fraisage de nervures d'appui sur un joint à peigne en console.

## 4.3 Éléments de construction du joint

### 4.3.1 Profilés d'acier

On utilisera des aciers des groupes de qualité décrits par la norme SIA 263 (annexe A, tableau 18, avec température de service déterminante de l'élément de construction  $T_{min.} < -10^{\circ}\text{C}$ , variations de charge fréquentes). Ces aciers doivent présenter une ductilité suffisante et une bonne soudabilité. Les éléments d'acier proches de la surface de roulement et exerçant une fonction porteuse doivent présenter une épaisseur d'au moins 14 mm. Le fabricant doit satisfaire les exigences de [19] et présenter un certificat le confirmant.

### 4.3.2 Éléments d'ancrage

L'ancrage se compose d'une part d'une liaison à vis entre le peigne en console et les plaques de base et, d'autre part, d'éléments liant la plaque de base au pont.

L'ancrage peut être assuré par des étriers (pattes d'ancrage), des goujons ou des chevilles. Les fers d'ancrage en acier plat ne sont autorisés que dans certains cas dûment justifiés et doivent être agréés par le maître de l'ouvrage.

Les étriers doivent être orientés dans le sens de l'armature du pont et soudés avec celle-ci. Les soudages bout à bout ne sont pas admis. La distance entre étriers est au maximum de 250 mm, la section de l'armature doit être d'au moins  $1'000 \text{ mm}^2/\text{m}$ . Après le montage, au moins trois fers d'armature d'un diamètre de 12 mm doivent être placés dans les boucles d'armature.

Lors du bétonnage des étriers, on prendra garde à éviter toute inclusion d'air pouvant nuire à la qualité du béton. Des événements gênants sont à prévoir (min. 15 mm de diamètre, distance entre trous max. 250 mm) situés dans les parties horizontales des profilés d'acier.

Dans les joints dont le souffle autorisé est supérieur à 100 mm, le décollage des deux rangées de vis entre le peigne et les plaques de base réduit les risques de d'oscillations. Pour prévenir la corrosion, on s'assurera de la compatibilité des matériaux utilisés pour la fixation du profil d'acier.

### 4.3.3 Tôle d'habillage

Les tôles d'habillage ferment verticalement les réservations. Elles doivent être soudées en usine ou vissées par le haut au profilé de rive du joint de chaussée et équipées, en bas, d'une goutte pendante coudée et saillante (recommandation: tôle de 2mm au min.).

Les tôles d'habillage doivent être soit revêtues par le même produit que le joint, soit être en acier inoxydable. Pour prévenir la corrosion, on veillera à la compatibilité des matériaux de la tôle d'habillage et du profilé d'acier.

### 4.3.4 Réservations

Les réservations ménagées pour l'installation des joints de chaussée doivent offrir suffisamment de place aux éléments d'ancrage et à l'armature de renforcement et permettre une pose aisée des joints. Au bas ces réservations, on prévoit généralement une saillie de béton d'au moins 250 mm d'épaisseur permettant la pose du joint (Fig. 4.1). Il n'est en général pas indiqué de prévoir une fermeture horizontale directement sous la réservation.

#### 4.3.5 Gouttière

Les joints de chaussée à peigne en console ne sont pas étanches. Pour en assurer l'étanchéité, il faut monter sous le peigne une gouttière étanche avec un manchon de sortie et des pièces d'about. A des fins de maintenance, il faut prévoir une installation de rinçage comprenant un manchon et un sac à boue.

Les gouttières sont généralement en élastomère. Elles sont fixées à la tôle d'habillage par des profilés de serrage.

#### 4.3.6 Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée

Les joints de chaussée doivent présenter un replat horizontal, d'une largeur de min. 100 mm, permettant le collage du lés d'étanchéité, ceci afin d'éviter la pénétration de l'eau sous l'étanchéité.

#### 4.3.7 Raccord du revêtement

Dans le voisinage du joint, l'épaisseur du revêtement est généralement d'au moins 100 mm pour la chaussée, et de 70 mm pour un trottoir. La hauteur de la pièce de rive du joint doit être adaptée à l'épaisseur du revêtement.

#### 4.3.8 Tête de console

En tête de console, les joints doivent être coudés vers le haut pour empêcher les eaux de surface de couler vers l'extérieur. Les tôles d'habillage des têtes de console doivent être scellées dans le béton et ne doivent pas dépasser (en particulier pour les parapets).

#### 4.3.9 Pose

Les joints à peigne en console sont prémontés en usine et maintenus aux dimensions voulues par des traverses de montage. Les réglages complémentaires éventuellement nécessaires ne peuvent être effectués sur place que par le fabricant ou sous sa responsabilité.

Les joints sont posés dans les réservations ménagées à leur intention puis ajustés en hauteur et en direction. Les éléments d'ancrage sont alors soudés à l'armature de renforcement. Après quoi, on verse et compacte soigneusement le béton dans la réservation afin d'éviter les vides.

Dans les ouvrages neufs, on livrera si possible les constructions d'acier en une pièce. Lors d'un remplacement, les joints à peignes en console peuvent également être montés par étapes. Leurs joints de montage, préparés en usine, se présentent généralement sous forme de liaisons vissées. Lorsque la livraison est effectuée en pièces détachées, ces dernières, après avoir été montées, doivent être soudées les unes aux autres par un spécialiste, conformément aux instructions du fabricant. Le traitement de surface doit être localement complété.

## 4.4 Surveillance

La surveillance s'effectue périodiquement par des observations, des inspections et des mesures de contrôle périodiques conformément à [3] et [7].

Lors de l'inspection des joints à peigne en console, on vérifiera tout particulièrement:

- la liaison parfaite du joint avec la structure porteuse (facteur de sécurité et de résistance à la fatigue)
- la liaison vissée entre le peigne et les plaques de base (pour s'assurer de la sécurité structurale et de la résistance à la fatigue)
- le bon fonctionnement du joint (largeur de fente, décalage vertical par rapport au revêtement adjacent)
- l'étanchéité de la gouttière.

Le détail des points à surveiller est fixé dans un plan de surveillance spécifique à chaque ouvrage.

## 4.5 Maintenance, remise en état et remplacement

La durée de vie des pièces d'usure des joints de chaussée doit être de 25 ans, elles doivent être remplaçables. La durée de vie des autres pièces doit être de 50 ans au moins. On s'assurera que les éléments de construction soumis à l'usure et au vieillissement puissent être remplacés rapidement et sans trop entraver le trafic. Le remplacement des joints de chaussée devrait être réalisable pour chaque voie de circulation ou pièce par pièce.



## 5 Joints de chaussée à peigne appuyé

### 5.1 Introduction

Les joints de chaussée à peigne appuyé (dits aussi joints de glissement) se composent d'un peigne franchissant la fente appuyé sur les plaques de support opposées. Le peigne est fixé par des articulations d'un côté, et glisse sur les appuis synthétiques des plaques de support. Les dents du peigne ne doivent en aucun cas pouvoir se soulever lors des mouvements relatifs et des rotations des éléments du point voisin du joint.

Deux modes de construction peuvent prévenir le soulèvement des dents du peigne. Dans le premier, la plaque de peigne est comprimée à l'aide de vis verticales, de couple contrôlé, sur des ressorts en acier. Cette variante est employée dans les constructions entièrement en acier. La seconde consiste à précontraindre les doigts du peigne afin qu'ils exercent une pression légère et constante sur la surface de glissement.

Les joints de chaussée à peigne vulcanisé peuvent être facilement endommagés par les chasse-neige (lorsque l'arête de lame de ces derniers n'est pas protégée par une matière synthétique dure) et subir en conséquence une corrosion non visible de leurs pièces d'acier. En revanche, ce type de joint de chaussée présente généralement des avantages en matière de confort, d'installation et de facilité de remplacement de ses divers éléments.



Fig. 5.1 Joint de chaussée à peigne appuyé.

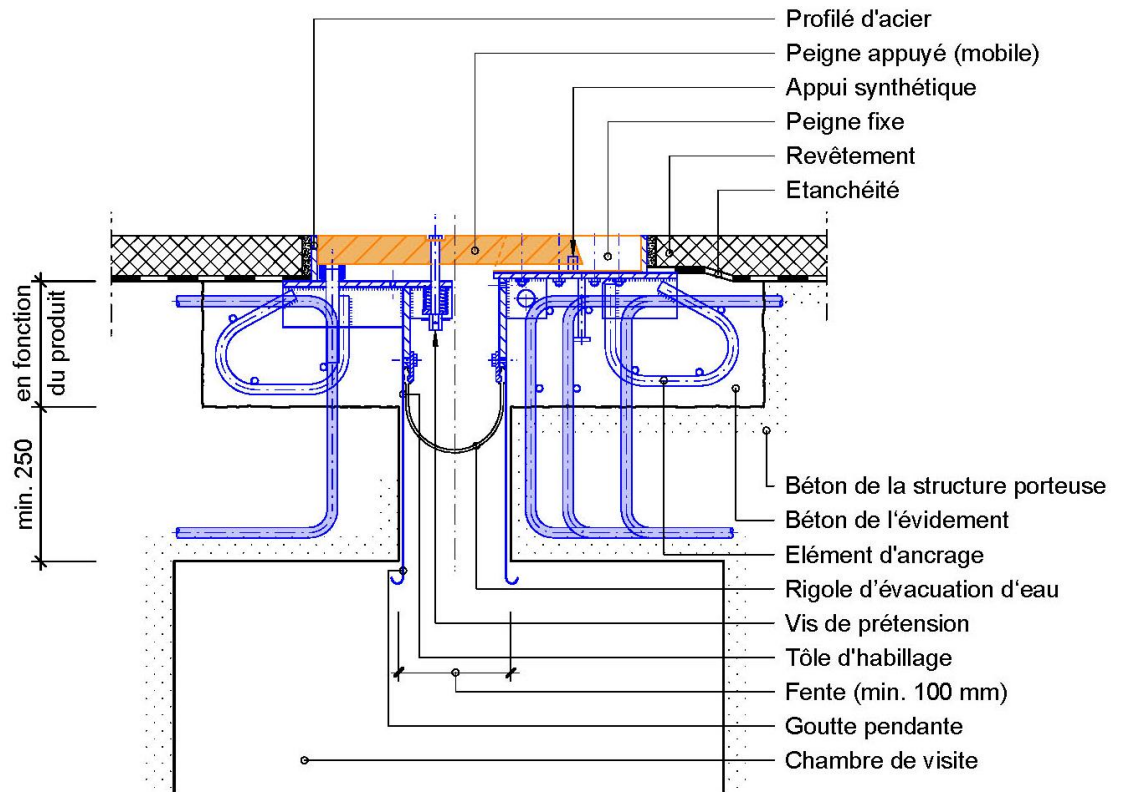


Fig. 5.2 Coupe schématique d'un joint de chaussée à peigne appuyé.

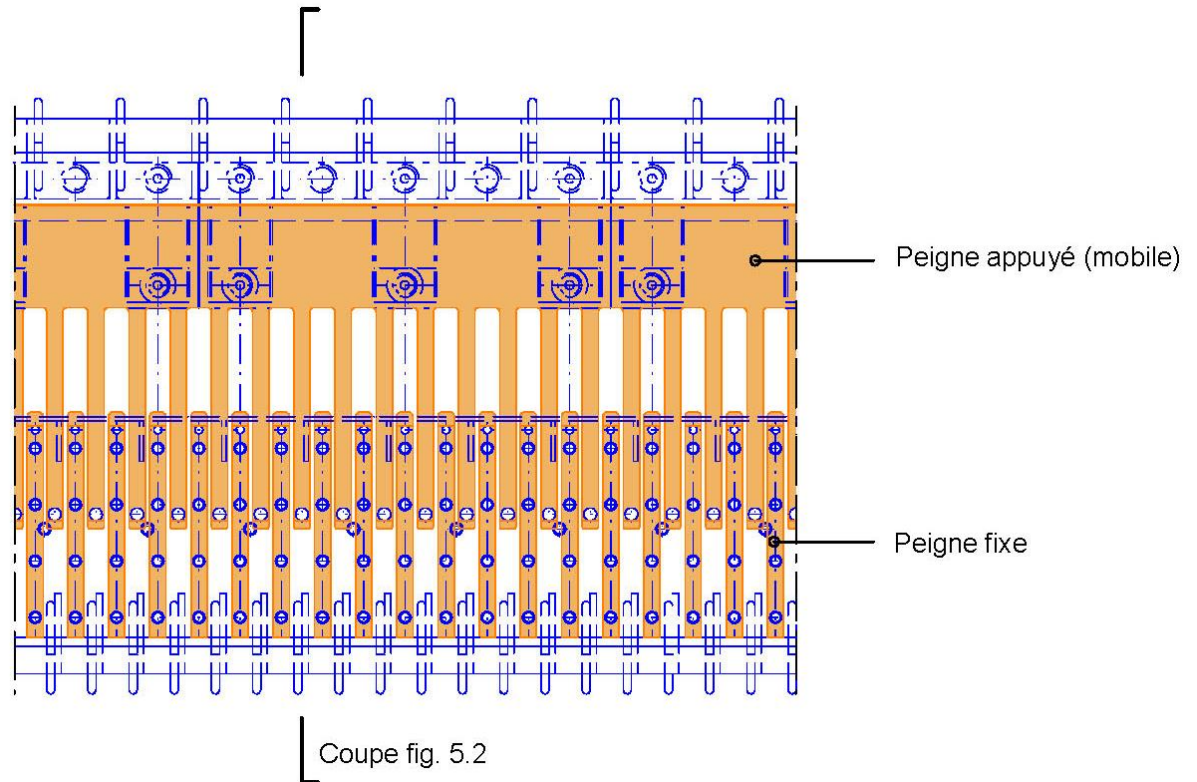


Fig. 5.3 Vue de dessus d'un joint de chaussée à peigne appuyé.



## 5.2 Champ d'application

Les joints à peigne appuyé sont en général utilisés pour des souffles inférieurs ou égaux à 800 mm.

Les joints à peigne appuyé sont utilisés sur les ponts soumis à de fortes charges de trafic. Le contact continu des pneus avec la surface du joint permet de réduire les émissions sonores et offre un confort de conduite élevé. Pour améliorer l'adhérence et augmenter la sécurité, on peut y fraiser des losanges (voir Fig. 4.3) ou les doter d'un revêtement antidérapant (résine époxy recouverte de sable de quartz); on préférera la première solution car elle est d'une durabilité plus élevée. Lorsque, sur des surfaces d'acier supérieures à 150 x 150 mm, il n'est pas possible de prendre des mesures pour assurer la rugosité, il faut s'assurer de la sécurité du dispositif par des essais appropriés.

## 5.3 Éléments de construction du joint

### 5.3.1 Profilés d'acier

On utilisera des aciers des groupes de qualité décrits par la norme SIA 263 (annexe A, tableau 18, avec température de service déterminante de l'élément de construction  $T_{min.} < -10^{\circ}\text{C}$ , variations de charge fréquentes). Ces aciers doivent présenter une ductilité suffisante et une bonne soudabilité. Les éléments d'acier proches de la surface de roulement et exerçant une fonction porteuse doivent présenter une épaisseur d'au moins 14 mm. Le fabricant doit satisfaire les exigences de [19] et présenter un certificat le confirmant.

### 5.3.2 Système mixte métal-élastomère

La structure de base de ce type de construction est faite d'un acier devant satisfaire les exigences indiquées sous 5.3.1 Le peigne est partiellement ou entièrement revêtu d'élastomère.

### 5.3.3 Éléments d'ancrage

L'ancrage peut être assuré par des étriers (pattes d'ancrage), des goujons ou des chevilles. Les fers d'ancrage en acier plat ne sont autorisés que dans certains cas dument justifiés et doivent être agréés par le maître de l'ouvrage.

Les étriers doivent être orientés dans le sens de l'armature du pont et soudés avec celle-ci. Les soudages bout à bout ne sont pas admis. La distance entre étriers est au maximum de 250 mm, la section de l'armature doit être d'au moins  $1'000 \text{ mm}^2/\text{m}$ . Après le montage, au moins trois fers d'armature d'un diamètre de 12 mm doivent être placés dans les étriers.

Lors du bétonnage des étriers, on prendra garde à éviter toute inclusion d'air pouvant nuire à la qualité du béton. Des événements gênants sont à prévoir (min. 15 mm de diamètre, distance entre trous max. 250 mm) situés dans les parties horizontales des profilés d'acier.

Les joints de chaussée à peigne appuyé sont généralement fixés par l'intermédiaire d'une structure d'acier tenue par des chevilles ancrées dans le béton. Dans les systèmes de liaison acier-élastomère, les peignes sont généralement chevillés à une base de béton spécialement appêtée. Pour prévenir la corrosion, on s'assurera de la compatibilité des matériaux utilisés pour la liaison du profil d'acier.

### 5.3.4 Tôle d'habillage

Les tôles d'habillage ferment verticalement les réservations. Elles doivent être soudées en usine ou vissées par le haut au profilé de rive du joint de chaussée, et équipées en bas d'une goutte pendante coudée et saillante (recommandation: tôle de 2mm au min.).

Les tôles d'habillage doivent être soit revêtues par le même produit que le joint, soit être en acier inoxydable. Pour prévenir la corrosion, on veillera à la compatibilité des matériaux de la tôle d'habillage et du profilé d'acier.

### 5.3.5 Réserve

Les évidements ménagés pour l'installation des joints de chaussée doivent offrir suffisamment de place aux éléments d'ancrage et à l'armature de renforcement et permettre une pose aisée des joints. Au bas de ces réservations, on prévoit généralement une saillie de béton d'au moins 250 mm d'épaisseur permettant la pose du joint (Fig. 5.2). Il n'est en général pas indiqué de prévoir une fermeture horizontale directement sous la réservation.

### 5.3.6 Gouttière

Les joints de chaussée à peigne appuyé ne sont pas étanches. Pour en assurer l'étanchéité, il faut monter sous le peigne une gouttière étanche avec manchon de sortie et pièces d'about soudées. A des fins de maintenance, il faut prévoir une installation de rinçage comprenant un manchon et un sac à boue.

Les gouttières sont généralement en élastomère. Elles sont fixées à la tôle d'habillage par des profilés de serrage.

### 5.3.7 Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée

Les joints de chaussée doivent présenter un replat horizontal d'une largeur de min. 100 mm, permettant le collage du lés d'étanchéité, ceci afin d'éviter la pénétration de l'eau sous l'étanchéité.

### 5.3.8 Raccord du revêtement

Dans le voisinage du joint, l'épaisseur du revêtement est généralement d'au moins 100 mm pour la chaussée, et de 70 mm pour un trottoir. La hauteur de la pièce de rive du joint doit être adaptée à l'épaisseur du revêtement.

### 5.3.9 Tête de console

En tête de console, les joints doivent être coudés vers le haut pour empêcher les eaux de surface de couler vers l'extérieur. Les tôles d'habillage des têtes de consoles doivent être scellées dans le béton et ne doivent pas dépasser (en particulier pour les parapets).

### 5.3.10 Surfaces de glissement et matériaux glissants

Les dents du peigne glissent sur la plaque d'appui opposée. Le joint sera conçu de manière que ni les dents ni la plaque d'appui et de glissement ne présentent de contacts métal-métal directs. Les surfaces de glissement doivent être faites de matériaux ou revêtements glissants dont la résistance à l'usure et aux sollicitations dynamiques ainsi que la robustesse sont éprouvées même lorsqu'elles sont encrassées.

### 5.3.11 Pose

Les joints à peigne appuyé sont prémontés en usine et maintenus aux dimensions voulues par des traverses de montage. Les réglages complémentaires éventuellement nécessaires ne peuvent être effectués sur place que par le fabricant ou sous sa responsabilité.

Les joints sont posés dans les réservations ménagées à leur intention, puis ajustés en hauteur et en direction. Les éléments d'ancrage sont alors soudés à l'armature de renforcement. Après quoi, on verse et compacte soigneusement le béton dans la réservation afin d'éviter les espaces vides. Les ressorts ne sont tendus qu'après un durcissement suffisant du béton.

Dans les ouvrages neufs, on livrera si possible les constructions d'acier en une pièce. Lors d'un remplacement, les joints à peigne appuyé peuvent également être montés par étapes. Leurs joints de montage se présentent généralement sous forme de liaisons vissées. Lorsque la livraison est effectuée en pièces détachées, ces dernières, après avoir été montées, doivent être soudées les unes aux autres par un spécialiste, conformément aux instructions du fabricant. Le traitement de surface doit être localement complété.

Les peignes des systèmes acier-élastomère sont généralement chevillés à une base de béton spécialement apprêtée. Le béton doit être plan à  $\pm 1$  mm de façon à permettre une pose correcte de la plaque de peigne. La surface de béton doit correspondre à la pente prévue pour le joint. Les trous des ancrages collés sont perforés dans le béton à l'aide de chablon et les peignes montés après le durcissement de la colle et l'application de l'étanchéité.



Fig. 5.4 Eléments d'un joint de chaussée à peigne appuyé (photo de montage).

## 5.4 Surveillance

La surveillance s'effectue périodiquement par des observations, des inspections et des mesures de contrôle conformément à [3] et [7].

Lors de l'inspection des joints à peigne appuyé, on vérifiera tout particulièrement:

- la liaison parfaite du joint avec la structure porteuse (facteur de sécurité et de résistance à la fatigue)
- le bon fonctionnement du joint (largeur de fente, décalage vertical par rapport au revêtement adjacent)
- la précontrainte des éléments
- le bon appui régulier de chaque dent du peigne (p. ex. contrôle au marteau de caoutchouc, en particulier sur les voies normales)
- l'intégrité des peignes (intacts, sans fissures)
- l'étanchéité de la gouttière.

Le détail des points à surveillance est fixé dans un plan de surveillance spécifique à chaque ouvrage.

## 5.5 Maintenance, remise en état et remplacement

La durée de vie des pièces d'usure des joints de chaussée doit être de 25 ans, elles doivent être remplaçables. La durée de vie des autres pièces doit être de 50 ans au moins. On s'assurera que les éléments de construction soumis à l'usure et au vieillissement puissent être remplacés rapidement et sans trop entraver le trafic. Le remplacement des joints de chaussée devrait être réalisable pour chaque voie de circulation ou pièce par pièce.

## 6 Joints de chaussée à plusieurs profilés compressibles

### 6.1 Introduction

Les joints de chaussée à plusieurs profilés compressibles (également nommés joints à lamelles) se composent d'une série de lamelles posées sur des traverses (Fig. 6.1). Chaque lamelle est liée à la traverse par un cadre et des paires palier-glissant/ressort-glissant. Les ressorts glissants précontraints empêchent le relèvement des paliers glissants. Les traverses sont appuyées selon le même principe que les lamelles, par contre les paliers glissants les plus fermes se trouvent sous les traverses et les plus souples sur les traverses.

Les traverses sont fixées d'un côté du joint par des articulations. Elles franchissent le joint et coulisent dans le boîtier de traverse. Les joints à lamelle permettent des déplacements dans les trois directions et des rotations selon les trois axes.

Les ressorts glissants en élastomère commandent le mouvement des lamelles et les relient en un ensemble cinématique. Les déplacements dans les joints de dilatation se répartissent ainsi de manière régulière sur toutes les lamelles. Cette construction élastique permet aux charges dynamiques du trafic (charges d'essieux) de se transmettre de manière amortie aux éléments porteurs du joint de chaussée et aux éléments d'ancrage voisins. La disposition des appuis en élastomère (ou autre matière synthétique) entre toutes les autres pièces mobiles évite les contacts métal-métal, ce qui réduit les émissions sonores.

La fente entre les différentes lamelles est fermée par un joint compressible qui ne reprend aucune charge. Les joints de chaussée à plusieurs profilés compressibles sont réputés étanches.

Il existe essentiellement deux genres de construction de joints à plusieurs profilés compressibles:

#### **Les constructions à traverse simple**

Les lamelles sont disposées de manière à pouvoir se déplacer et subir une rotation. Chaque traverse soutient l'ensemble des lamelles. La répétition régulière des espaces entre les lamelles est assurée par la géométrie (traverses orientables) ou par des éléments de régulation.

#### **Les constructions à grilles**

Dans ce genre de construction, chaque lamelle est fixée à une traverse qui lui est propre. Un ou plusieurs de ces ensembles forment une grille mobile qui, grâce aux éléments de régulation, maintient des intervalles réguliers entre les lamelles.

Les deux types de systèmes sont aujourd'hui contrôlés élastiquement et réagissent bien aux mouvements imprévus imposés. Les systèmes contrôlés élastiquement doivent être préférés car, lors d'événements imprévus tels que le blocage d'un intervalle (p. ex. par un caillou), ils évitent les dommages à la construction.

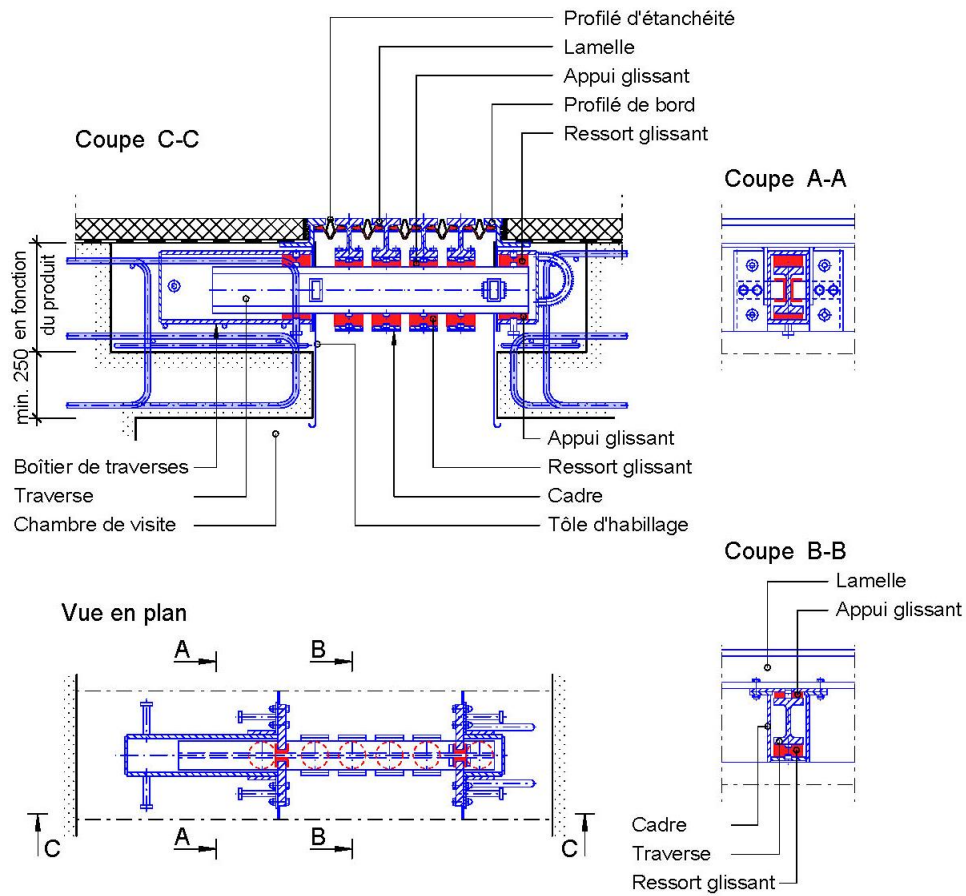


Fig. 6.1 Vue d'en dessus et coupe schématiques d'un joint de chaussée à plusieurs profilés compressibles.

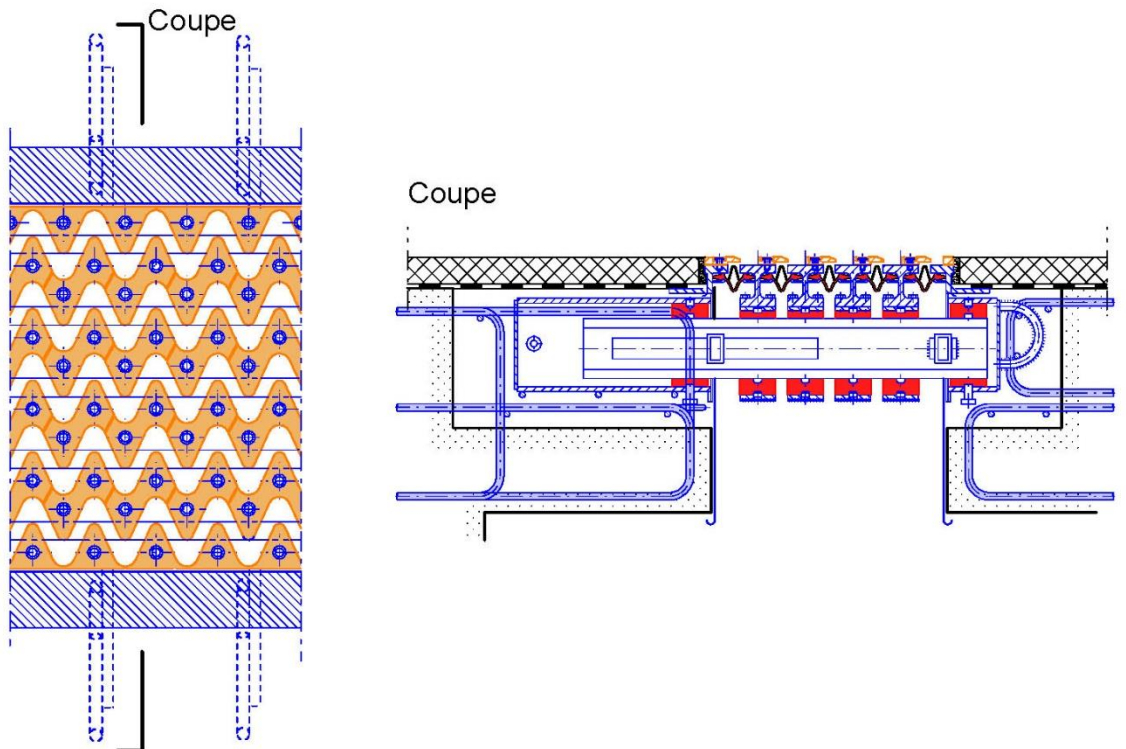


Fig. 6.2 Vue d'en dessus et coupe schématiques d'un joint de chaussée à plusieurs profilés compressibles et plaque sinusoïdale.



## 6.2 Champ d'application

Les joints de chaussée à plusieurs profilés compressibles sont généralement utilisés pour des souffles compris entre 160 et 1'000 mm. Le souffle de ces joints est la somme du jeu de ses différents souffles.

Les déplacements modifient les intervalles entre lamelles: lorsque le joint est fermé, les lamelles se touchent, lorsqu'il est totalement ouvert, les intervalles entre les lamelles atteignent un maximum de 80 mm.

Les constructions à plaques sinusoïdales amortissent le bruit en supprimant les arêtes perpendiculaires au trafic. Les pneus restent ainsi en contact permanent avec le joint de chaussée, ce qui réduit sensiblement le bruit et améliore le confort de conduite. Les joints de chaussée à plaques sinusoïdales conviennent particulièrement bien aux ouvrages construits dans des zones sensibles au bruit. L'ouverture des intervalles maximale d'un joint de chaussée à plaques sinusoïdales est de 100 mm.



*Fig. 6.3 Joint de chaussée à huit profilés compressibles  
(6ème Qian Tang Bridge, Chine).*

## 6.3 Éléments de construction du joint

### 6.3.1 Profilés d'acier

On utilisera des aciers des groupes de qualité décrits par la norme SIA 263 (annexe A, tableau 18, avec température de service déterminante de l'élément de construction  $T_{min.} < -10^{\circ}\text{C}$ , variations de charge fréquentes). Ces aciers doivent présenter une ductilité suffisante et une bonne soudabilité. Les éléments d'acier proches de la surface de roulement et exerçant une fonction porteuse doivent présenter une épaisseur d'au moins 14 mm. Le fabricant doit satisfaire les exigences de [19] et présenter un certificat le confirmant.

### 6.3.2 Eléments d'ancrage

L'ancrage peut être assuré par des étriers (pattes d'ancrage), des goujons ou des chevilles. Les fers d'ancrage en acier plat ne sont autorisés que dans certains cas dument justifiés et doivent être agréés par le maître de l'ouvrage.

Les étriers doivent être orientés dans le sens de l'armature du pont et soudés avec celle-ci. Les soudages bout à bout ne sont pas admis. La distance entre étriers est au maximum de 250 mm, la section de l'armature doit être d'au moins  $1'000 \text{ mm}^2/\text{m}$ . Après le montage, au moins trois fers d'armature d'un diamètre de 12 mm doivent être placés dans les étriers.

Lors du bétonnage des étriers, on prendra garde à éviter toute inclusion d'air pouvant nuire à la qualité du béton. Des événements généreux sont à prévoir (min. 15 mm de diamètre, distance entre trous max. 250 mm) situés dans les parties horizontales des profilés d'acier.

Les joints de chaussée à peigne appuyé sont généralement fixés par l'intermédiaire d'une structure d'acier tenue par des chevilles ancrées dans le béton. Dans les systèmes de liaison acier-élastomère, les peignes sont généralement chevillés à une base de béton spécialement appêtée. Pour prévenir la corrosion, on s'assurera de la compatibilité des matériaux utilisés pour la liaison du profil d'acier.

### 6.3.3 Tôles d'habillage

Les tôles d'habillage ferment verticalement les réservations. Elles doivent être soudées en usine ou vissées par le haut au profilé de rive du joint, et équipées en bas d'une goutte pendante coudée et saillante (recommandation: tôle de 2mm au min.). Dans la zone des boîtiers de traverse, les tôles d'habillage doivent être soudées aux plaques frontales des points d'ancrage.

Les tôles d'habillage doivent être soit revêtues par le même produit que le joint, soit être d'acier inoxydable. Pour prévenir la corrosion, on veillera à la compatibilité des matériaux de la tôle d'habillage et du profilé d'acier.

### 6.3.4 Réservations

Les réservations ménagées pour l'installation des joints de chaussée doivent offrir suffisamment de place aux éléments d'ancrage et à l'armature de raccordement et permettre une pose aisée des joints. Au bas de ces réservations, on prévoit généralement une saillie de béton d'au moins 250 mm d'épaisseur permettant la pose du joint (Fig. 6.1). Il n'est en général pas indiqué de prévoir une fermeture horizontale directement sous la réservation.

### 6.3.5 Profilés compressibles

Les profilés compressibles sont généralement faits d'élastomère et ont pour tâche d'assurer l'étanchéité du joint. On utilisera des profilés à double chambre (profilé à dos rond). La section du profilé doit être en mesure de prévenir l'accumulation de saletés dans l'ouverture du joint.

Les profilés compressibles doivent pouvoir être remplacés. Ils sont soit enchâssés dans le joint, soit fixés par des rails de serrage. Dans ce dernier cas, la fixation du rail avec le profilé compressible doit être assurée par des vis à pans creux noyées. On veillera à la compatibilité des matériaux pour prévenir la corrosion.

### 6.3.6 Gouttière

Les joints de chaussée à profilés compressibles sont réputés étanches. Pour ne pas en compliquer le contrôle visuel, on ne les équipe généralement pas de gouttière. Si, toutefois, une gouttière s'avère nécessaire, elle doit être disposée de manière à pouvoir être facilement démontable lors des inspections.



### 6.3.7 Raccords d'étanchéité aux joints de chaussée

Les joints de chaussée doivent présenter un replat horizontal d'une largeur de min. 100 mm, permettant le collage du lés d'étanchéité, ceci afin d'éviter la pénétration de l'eau sous l'étanchéité.

### 6.3.8 Raccord du revêtement

Dans le voisinage du joint, l'épaisseur du revêtement est généralement d'au moins 100 mm pour la chaussée, et de 70 mm pour un trottoir. La hauteur de la pièce de rive du joint doit être adaptée à l'épaisseur du revêtement.

### 6.3.9 Tête de console

En tête de console, les joints doivent être coudés vers le haut pour empêcher les eaux de surface de couler vers l'extérieur. Les tôles d'habillage des têtes de consoles doivent être scellées dans le béton et ne doivent pas dépasser (en particulier vers les parapets).

### 6.3.10 Tôle de trottoir

Sur les trottoirs, les joints peuvent être en plus couverts d'une tôle inoxydable antidérapante. Les tôles d'acier inoxydable ne doivent pas être soudées à des tôles noires ou de l'acier de construction; elles doivent y être vissées.

### 6.3.11 Pose

Les joints de chaussée à plusieurs profilés compressibles sont prémontés en usine et maintenus aux dimensions voulues par des traverses de montage. Les réglages complémentaires éventuellement nécessaires ne peuvent être effectués sur place que par le fabricant ou sous sa responsabilité.

Les joints sont posés dans les réservations ménagées à leur intention, puis ajustés en hauteur et en direction. Les éléments d'ancrage sont alors soudés à l'armature de renforcement. Après quoi, on verse et compacte soigneusement le béton dans la réservation afin d'éviter les espaces vides. Les ressorts ne sont tendus qu'après un durcissement suffisant du béton.

Dans les ouvrages neufs, on livrera si possible les constructions d'acier en une pièce. Lors d'un remplacement, les joints à plusieurs profilés compressibles peuvent également être montés par étapes. Leurs joints de montage se présentent généralement sous forme de liaison vissée. Lorsque la livraison est effectuée en pièces détachées, ces dernières, après avoir été montées, doivent être soudées les unes aux autres par un spécialiste, conformément aux instructions du fabricant. Le traitement de surface doit être localement complété.

Les profilés compressibles doivent être livrés et posés en une pièce correspondant à la largeur complète du pont. Ils ne doivent être installés qu'après le bétonnage des joints de chaussée.

## 6.4 Surveillance

La surveillance s'effectue périodiquement par des observations, des inspections et des mesures de contrôle conformément à [3] et [7].

Lors de l'inspection des joints à plusieurs profilés compressibles, on vérifiera tout particulièrement:

- la liaison parfaite du joint avec la structure porteuse (facteur de sécurité et de résistance à la fatigue)
- la liaison par vis des paliers glissants et des ressorts glissants avec les lamelles et les boîtiers de traverse (facteur de sécurité et de résistance à la fatigue)
- le bon fonctionnement du joint (largeur de fente, décalage vertical par rapport au revêtement adjacent)
- l'intégrité des paliers glissants, des ressorts glissants et des éléments de contrôle
- l'étanchéité des profilés compressibles.

Le détail des points à surveiller est fixé dans un plan de surveillance spécifique à chaque ouvrage.

## 6.5 Maintenance, remise en état et remplacement

La durée de vie des pièces d'usure des joints de chaussée doit être de 25 ans, elles doivent être remplaçables. La durée de vie des autres pièces doit être de 50 ans au moins. On s'assurera que les profilés compressibles puissent être remplacés rapidement et sans trop entraver le trafic. Il en va de même pour les éléments soumis à l'usure ou au vieillissement. Les pièces d'usure tels que les ressorts doivent être échangeables par dessous. Le remplacement des joints de chaussée devrait être réalisable pour chaque voie de circulation ou pièce par pièce.

## 7 Joints de chaussée à membrane

### 7.1 Introduction

Les éléments des joints à membrane sont intégralement situés sous le revêtement de la chaussée. Le revêtement est donc réalisé sans joint ni changement d'épaisseur par-dessus le joint de chaussée (joint masquée). Les joints à membrane sont fabriqués sur place et fonctionnent en répartissant les mouvements relatifs sur une plus grande longueur du revêtement de pont.

Les joints à membrane se composent de couches étanches faites de lés d'étanchéité en matière synthétique ou de bitume. Les membranes sont collées de façon étanche à l'étanchéité du pont et recouvrent entièrement le joint (Fig. 7.1) ou sont interrompues à la hauteur du joint (Fig. 7.2).

Afin de mieux répartir les mouvements relatifs, un élément libre, glissant ou extensible est placé dans la masse du joint (Fig. 7.1) ou alors une couche de séparation est insérée entre la masse du joint et l'étanchéité du pont (Fig. 7.2).

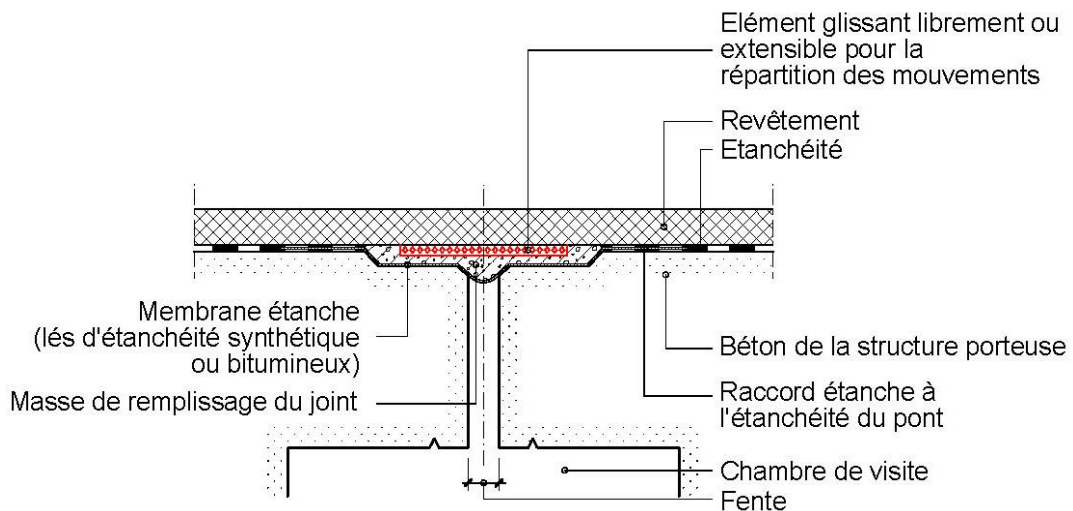


Fig. 7.1 Coupe schématique d'un joint à membrane, avec membrane continue recouvrant le joint.

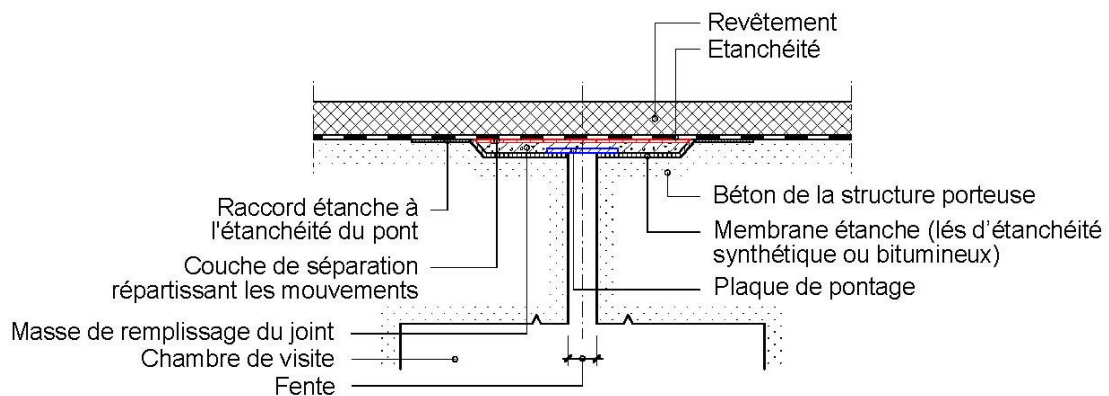


Fig. 7.2 Coupe schématique d'un joint à membrane, avec membrane interrompue à la hauteur du joint.

## 7.2 Champ d'application

Les joints de chaussée à membrane permettent le passage silencieux et en toute sécurité grâce à la continuité du revêtement de la chaussée. Ils conviennent aux ponts ne présentant qu'un déplacement relatif limité à leurs extrémités (jusqu'à env. 10 mm) et ne subissant que de faibles charges (vélos et piétons).

On gardera à l'esprit que, dans ce cas, il est parfois préférable d'opter pour des tabliers continus, sans joint de chaussée (voir le chapitre 3 « Extrémités de pont » de la présente directive). Pour les constructions ne présentant que de très faibles déplacements relatifs, la présence de joint devrait être l'exception. Elle se justifie par exemple lorsque les contraintes auxquelles le tablier serait soumis en l'absence de joints de chaussée ne sont pas admissibles.

## 7.3 Indications complémentaires

En Suisse, l'utilisation des joints à membrane est rare. C'est pourquoi nous renonçons à fournir des indications complémentaires.

## 8 Joints de chaussée en bitume-polymère

### 8.1 Introduction

Les joints de chaussée en bitume-polymère sont traités en détail dans [5]. Nous n'en évoquerons ici que les principaux aspects.

Les joints en bitume-polymère se présentent comme un système composé de matériaux compatibles. La masse élastique de remplissage de la réservation se compose de liant et de granulat; elle fait partie du revêtement et est confectionnée sur place (Fig. 8.1).

Les joints de chaussée en bitume-polymère servent à ponter et à étancher les joints continus franchissables. Pour assurer l'étanchéité, la masse élastique doit adhérer de façon durable aux faces latérales et au fond de la réservation.

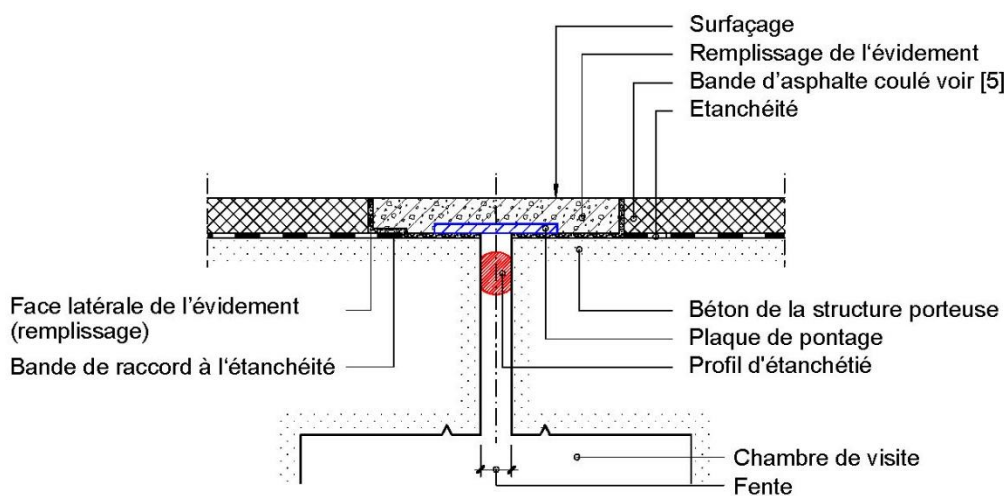


Fig. 8.1 Coupe schématique d'un joint de chaussée en bitume-polymère.

### 8.2 Champ d'application

En règle générale, on a recours aux joints de chaussée en bitume-polymère pour des allongements jusqu'à 20 mm et des raccourcissements jusqu'à 10 mm, ce qui nécessite une réservation de 500 mm. Les joints qui n'obéissent pas à ces règles ne sont pas concernés par la directive [5] et doivent faire l'objet d'investigations et de conventions spéciales. Les écarts par rapport à la directive sont acceptables lorsqu'ils ont été suffisamment validés par la théorie ou des essais, ou lorsque de nouvelles connaissances et de nouveaux développements le justifient [5].

Dans les ouvrages relevant de la Confédération ou subventionnés par elle, seuls sont autorisés les systèmes au bénéfice d'une homologation technique avec certificat de conformité [5].

Les joints de chaussée en bitume-polymère conviennent aux ponts dont les extrémités ne présentent que des déplacements relatifs limités. L'absence de fente dans le revêtement de la chaussée permet au trafic routier et ferroviaire de franchir le joint en toute sécurité et sans bruit.

Dans les secteurs soumis à des efforts répétés de freinage et d'accélération ou à un trafic à l'arrêt (feux routiers, arrêts de bus, bouchons) ainsi que dans les fortes pentes, il faut vérifier au cas par cas si le recours à un joint en bitume-polymère est indiqué. Les joints en bitume-polymère ne doivent pas être utilisés là où on peut s'attendre à la présence de véhicules lourds à l'arrêt (p. ex. parkings) [5].

### 8.3 Indications complémentaires

La réalisation de joints de chaussée en bitume-polymère s'accompagne d'exigences élevées lors de l'étude, de l'exécution et de la surveillance des travaux. Les études et la direction des travaux doivent être le fait d'ingénieurs compétents et seules des sociétés justifiant d'un système de gestion de la qualité certifié avec un personnel compétent peuvent être chargées de l'exécution.

Les joints qui ne satisfont pas entièrement les exigences de [5] feront l'objet d'investigations et d'accords particuliers.

Le groupe de travail Recherche en matière de pont (GTP) de l'OFROU a consacré les deux publications [17] et [18]. aux joints de chaussée en bitume-polymère.

## 9 Joints à tapis

### 9.1 Introduction

Les joints à tapis sont constitués d'un tapis d'élastomère fixé par des profilés de serrage à un cadre support en acier vissé au tablier.

L'extensibilité du tapis d'élastomère permet de compenser les mouvements relatifs. Cette construction assure un raccordement plus ou moins plan de la surface de la chaussée et forme une surface continue avec son revêtement. Les joints de chaussée à tapis ne sont que partiellement étanches.

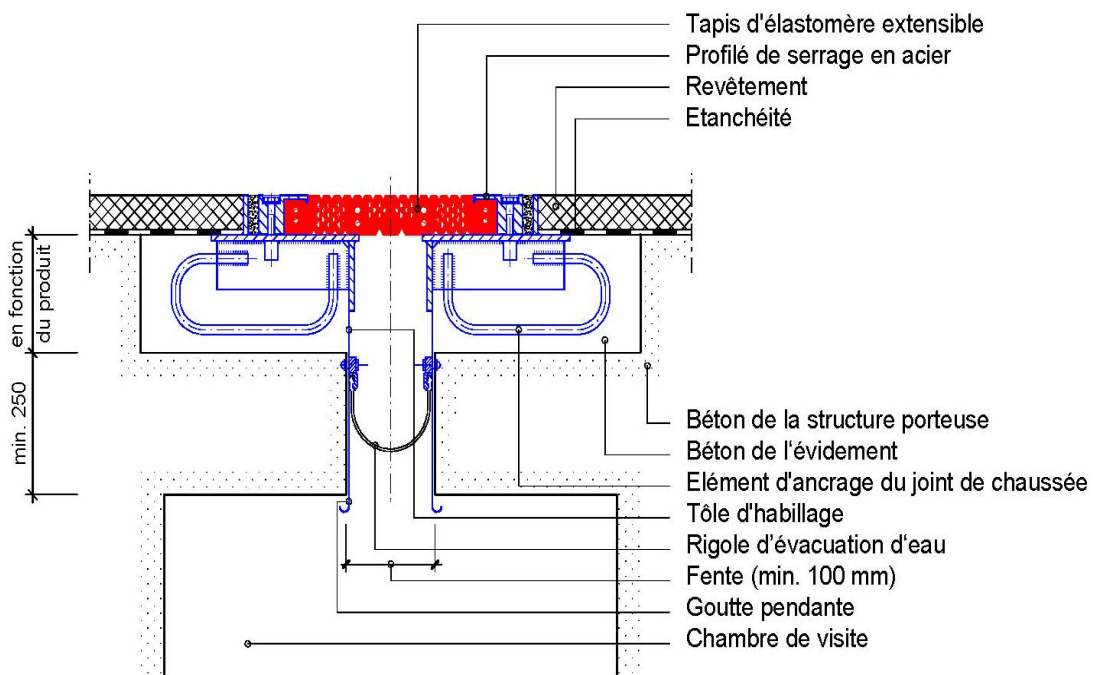


Fig. 9.1 Coupe schématique d'un joint à tapis.

### 9.2 Champ d'application

En règle générale, les joints à tapis ne sont installés que pour des souffles inférieurs ou égaux à 200 mm. La contraction du tapis d'élastomère en hiver ou son gonflement en été rend le passage des camions très bruyant. Ce genre de joint ne convient donc pas aux routes à fort trafic ni aux routes principales où circulent de nombreux poids lourds. D'autre part, ils sont sensibles au passage des chasse-neige. Les joints à tapis conviennent aux ponts où ne circulent que peu de camions ainsi qu'aux ponts destinés principalement aux vélos et piétons. Les émissions sonores y sont tolérables et le confort des usagers assuré. Les joints à tapis conviennent particulièrement aux ponts ne permettant pas de prévoir d'espace d'entretien, leur remplacement pouvant être entièrement assuré par le haut.

### 9.3 Indications complémentaires

Les tapis extensibles peuvent être remplacés par le haut sans dégât d'aucune sorte dans la mesure où les profilés de serrage sont fixés à l'infrastructure (profilé d'acier vissé ou bétonné) par des vis facilement accessibles. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir d'entretien par dessous. Le raccord revêtement – profilés de serrage en acier est assuré par une masse coulée à élasticité durable.

Les joints à tapis sont prémontés en usine. Les monteurs les ajustent en plan et élévation sur place et assurent leur ancrage à l'armature par soudure.



## Annexes

<b>I</b>	<b>Calcul des mouvements aux appareils d'appui et aux joints de chaussée.</b>	
	<b>Exemple.....</b>	<b>51</b>
I.1	Bases techniques.....	51
I.1.1	Autres prescriptions en vigueur.....	51
I.1.2	Système de référence et conventions sur les signes.....	51
I.1.3	Dénominations .....	51
I.1.4	Causes des déformations aux appareils d'appui et aux joints de chaussée .....	51
I.1.5	Types de déformations, cause et géométrie.....	52
I.2	Pont type .....	53
I.3	Calcul des déformations aux appareils d'appui et aux joints de chaussée du pont type.....	54
I.3.1	Hypothèses .....	54
I.3.2	Déformations dues à des variations uniformes de la température .....	54
I.3.3	Déformations dues à la partie linéaire de la variation de température .....	55
I.3.4	Déformations dues au retrait du béton.....	55
I.3.5	Déformations dues aux charges permanentes et au fluage .....	56
I.3.6	Déformations dues aux charges de trafic verticales .....	57
I.3.7	Récapitulation des composantes des déformations .....	57
I.4	Preuve de l'aptitude au service .....	58



# I Calcul des mouvements aux appareils d'appui et aux joints de chaussée. Exemple

## I.1 Bases techniques

### I.1.1 Autres prescriptions en vigueur

- Norme SIA 260: 2003 Bases pour l'élaboration de structures porteuses
- Norme SIA 261: 2003 Actions sur les structures porteuses
- Norme SIA 262: 2003 Construction en béton

### I.1.2 Système de référence et conventions sur les signes

Les mouvements se présentent sous forme de translations et de rotations. L'usage est d'orienter l'axe des x selon l'axe du pont.

Système de référence	Déplacements	Rotations

Fig. I.1 Système de référence et mouvements.

### I.1.3 Dénominations

- $l_0$  longueur du pont type
- $l$  portée du pont type
- $l'_0$  longueur de déformation du pont type
- $l'_{0,LA}$  longueur de déformation de l'appui mobile
- $l'_{0,FÜ}$  longueur de déformation du joint de chaussée
- $h$  hauteur de la poutre du pont type
- $b$  largeur du pont type
- $\Delta l_{FÜ}$  mouvement horizontal au joint de chaussée
- $\Delta l_{LA}$  mouvement horizontal à l'appui
- $\alpha_{y,LA}$  rotation du joint autour de l'axe y

### I.1.4 Causes des déformations aux appareils d'appui et aux joints de chaussée

Seules les causes intervenant dans les exemples de calcul sont retenues.

Les déplacements aux appareils d'appui et aux joints de chaussée résultent des facteurs suivants:

- Actions:
  - poids propre et charges appliquées
  - précontrainte
  - changements de température
  - poussée des terres
  - charges de trafic verticales et horizontales
  - actions secondaires dues p. ex. au vent, à la neige, au trafic non motorisé, au frottement des appuis, etc.
- Comportement des matériaux:
  - retrait
  - fluage

Les déplacements aux appuis (LA) et aux joints de chaussée (FÜ) se composent de translations (en règle générale horizontales) et de rotations (en règle générale autour d'un axe horizontal). Ce sont les déformations relatives entre les éléments porteurs et les culées ou les piliers qui présentent un intérêt.

### I.1.5 Types de déformations, cause et géométrie

- Allongement axial de la poutre  
résultant p. ex. d'une variation uniforme de la température, d'un raccourcissement dû à la précontrainte, au retrait et au fluage du béton

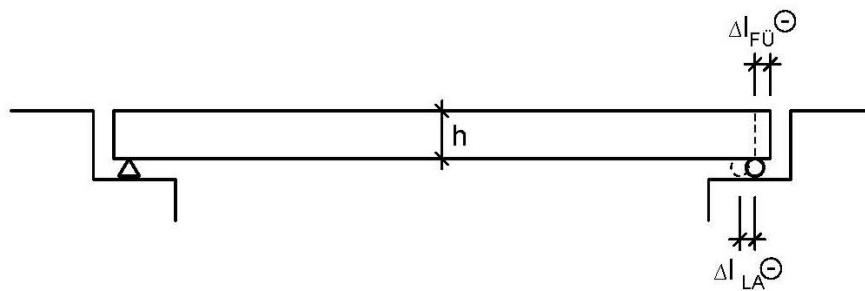


Fig. I.2 Déformation découlant de l'allongement axial de la poutre.

- Courbure positive de la poutre  
résultant p.ex. d'une variation linéaire de la température (face supérieure froide), de charges permanentes, du fluage, de charges variables (p. ex. charges de trafic)

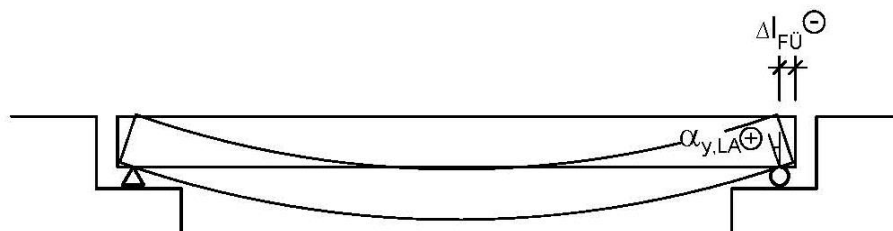


Fig. I.3 Déformations découlant de la courbure positive de la poutre (selon l'axe y).

- Courbure négative de la poutre  
découlant p. ex. d'une variation linéaire de la température (face supérieure chaude), de précontrainte (forces de déviation)

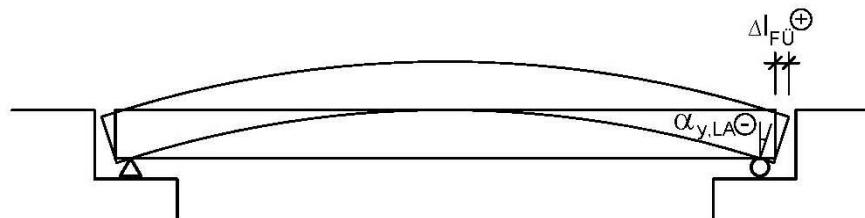


Fig. I.4 Déformations découlant d'une courbure négative de la poutre (selon l'axe y).

Le raccourcissement ou l'allongement  $\Delta l_{FÜ}$  découlant de la rotation  $\alpha_{y,LA}$  de la poutre peuvent être calculés par approximation en multipliant la rotation de l'appui par la hauteur de la poutre:

$$\Delta l_{FÜ} = \alpha_{y,LA} \cdot h$$

## I.2 Pont type

Le calcul des déformations aux appuis et aux joints de chaussée se fait sur la base d'un pont type en béton précontraint.

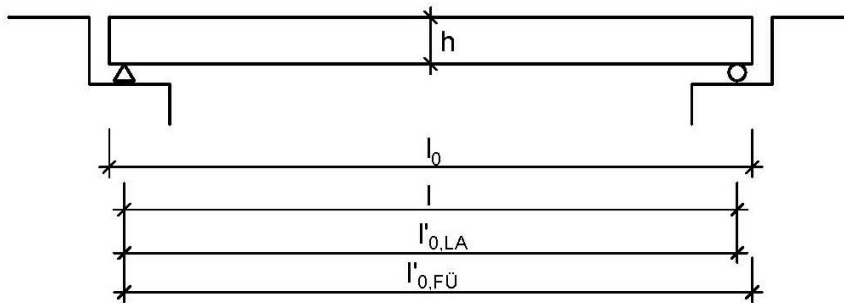


Fig. I.5 Système statique du pont type.

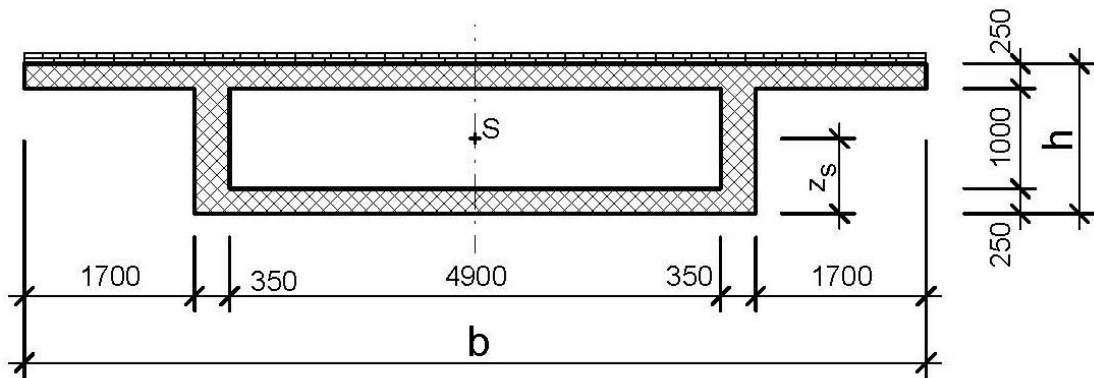


Fig. I.6 Coupe du pont type, dimensions en [mm].

- Système statique: poutre simple avec un appui fixe et un appui mobile, partiellement précontrainte pour 80% des actions permanentes
- Longueur du pont:  $l_0 = 30.0 \text{ m}$
- Portée:  $l = 29.0 \text{ m}$
- Long. de déformation:  $l'_{0,LA} = 29.0 \text{ m}$  (appui mobile)  
 $l'_{0,FÜ} = 29.5 \text{ m}$  (joint de chaussée)
- Hauteur de la poutre:  $h = 1.5 \text{ m}$
- Largeur du pont:  $b = 9.0 \text{ m}$
- Section: caisson à âmes verticales et hauteur constante
- Dimensions de la section: surface de la section  $A_c = 4.35 \text{ m}^2$   
moment d'inertie  $I_y = 1.438 \text{ m}^4$   
circonférence exposée au séchage  $u = 32.8 \text{ m}$   
(hypothèse simplificatrice: l'étanchéité est appliquée tardivement)  
épaisseur relative de l'élément de construction  $h_0 = 2 A_c / u = 0.265 \text{ m}$   
hauteur du centre de gravité  $z_s = 0.872 \text{ m}$
- Caractéristiques des matériaux: ciment CEM I (à durcissement normal)  
qualité du béton C 30/37  
module d'élasticité  $E_{cm} = 34 \text{ kN/mm}^2$
- Rigidité: section et caractéristiques des matériaux constantes sur toute la portée:  $EI = \text{constante}$  (rigidité de la section précontrainte non fissurée)

- Pose des appuis: en même temps que le bétonnage de la poutre
- Précontrainte: application de 100 % de précontrainte 14 jours après le bétonnage du pont
- Décoffrage: en même temps que la précontrainte
- Pose des joints de chaussée.: dans cet ex.: 90 jours après le bétonnage du pont
- Climat: humidité relative de l'air RH = 70 %
- Charges constantes: poids propre  $g_k = 108.7 \text{ kN/m'}$   
charges  $g_k = 32.4 \text{ kN/m'}$
- Précontrainte:  $P_0 = 16'000 \text{ kN}$   
 $P_\infty = 13'600 \text{ kN}$  ( $\eta = 0.85$ )

### I.3 Calcul des déformations aux appareils d'appui et aux joints de chaussée du pont type

#### I.3.1 Hypothèses

Hypothèses pour cet exemple de calcul:

- Seuls les déformations aux différents appuis et aux joints de chaussée correspondants sont étudiées.
- Les déplacements horizontaux aux appuis mobiles provoqués par le fléchissement de la poutre sont ignorés.
- Par souci de simplicité, les déplacements à la hauteur de l'appui mobile et du joint de chaussée se voient attribuer la même valeur:  $l'_0 = l'_{0,LA} = l'_{0,FÜ} = 29.5 \text{ m}$ .
- Les culées et les fondations sont considérées rigides
- L'exemple de calcul se réfère à une construction neuve. Lors du remplacement ou de l'installation ultérieure d'appareils d'appui ou de joints de chaussée plus de 20 ans après la construction, les déformations dues au retrait et au fluage peuvent généralement être négligées.

#### I.3.2 Déformations dues à des variations uniformes de la température

Pour calculer les déformations dues aux variations maximales de température annuelles  $\Delta T_{1k}$ , on utilise la formule suivante:

$$\Delta l_{\Delta T_{1k}} = \alpha_T \cdot \Delta T_{1k} \cdot l'_0$$

- Coefficient de dilatation thermique:  $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Variation uniforme maximale de température:  $\Delta T_{1k} = \pm 20 ^\circ\text{C}$
- Longueur de déformation:  $l'_0 = 29.5 \text{ m}$

Dans cet exemple, on admet que la température d'installation est la température annuelle locale moyenne (SIA 261, chiffre 7.2.2, et SIA 261/1, chiffre 9.2). Lorsque cette condition n'est pas satisfaite, le réchauffement et le refroidissement annuels ne sont pas égaux, le calcul doit en tenir compte.

Pour démontrer l'aptitude au service des joints de dilatation, des appuis mobiles et des joints de chaussée, on augmente les variations uniformes de température de 50 % (voir SIA 261, chiffre 7.2.6).

- $\Delta T_{1k}$  augmentée de 50 %:  $\Delta T_{1k, \text{augmentée}} = \pm 30 ^\circ\text{C}$
- Translation horizontale à l'appui et au joint de chaussée due à  $\Delta T_{1k}$ :  
 $\Delta l_{LA, \Delta T_{1k}} = \pm 8.9 \text{ mm}$   
 $\Delta l_{FÜ, \Delta T_{1k}} = \pm 8.9 \text{ mm}$

### I.3.3 Déformations dues à la partie linéaire de la variation de température

La partie linéaire de la variation de température calculée conformément à la norme SIA 261, tableau 7, provoque une rotation  $\alpha_{y,LA,\Delta T_{2k}}$  sur l'appui mobile et une translation  $\Delta l_{FÜ,\Delta T_{2k}}$  à la hauteur du joint de chaussée. La translation horizontale à la hauteur de l'appui mobile due au fléchissement de la poutre est ignorée.

$$\alpha_{y,\Delta T_{2k}} = 0.5 \cdot \alpha_T \cdot \frac{\Delta T_{2k}}{h} \cdot l$$

• Coefficient de dilatation thermique:	$\alpha_T$	=	$10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
• Partie linéaire de la variation de température: face supérieure chaude:	$\Delta T_{2k}$	=	$+ 11 ^\circ\text{C}$
• Partie linéaire de la variation de température: face supérieure froide:	$\Delta T_{2k}$	=	$- 3.8 ^\circ\text{C}$
• Portée:	$l$	=	$29.0 \text{ m}$
• Hauteur de la poutre:	$h$	=	$1.5 \text{ m}$
• Rotation de l'appui pour $\Delta T_{2k} = +11 ^\circ\text{C}$ (face supérieure chaude):	$\alpha_{y,LA,\Delta T_{2k}}$	=	$- 1.1 \text{ mrad}$
• Rotation de l'appui pour $\Delta T_{2k} = - 3.8 ^\circ\text{C}$ (face supérieure froide):	$\alpha_{y,LA,\Delta T_{2k}}$	=	$+ 0.4 \text{ mrad}$

Les translations horizontales  $\Delta l_{FÜ,\Delta T_{2k}}$  à hauteur du joint de chaussée se calculent en multipliant la rotation  $\alpha_{y,LA,\Delta T_{2k}}$  de l'appui par la hauteur de la poutre  $h$  (voir chiffre I.1.5):

• Déformation horizontale à hauteur du joint de chaussée due à $\Delta T_{2k} = +11 ^\circ\text{C}$ :	$\Delta l_{FÜ,\Delta T_{2k}}$	=	$1.6 \text{ mm}$
• Déformation horizontale à hauteur du joint de chaussée due à $\Delta T_{2k} = -3.8 ^\circ\text{C}$ :	$\Delta l_{FÜ,\Delta T_{2k}}$	=	$- 0.6 \text{ mm}$

Attention: à l'inverse de la variation uniforme  $\Delta T_{1k}$ , de la température, la valeur caractéristique de la part linéaire de la variation de température  $\Delta T_{2k}$  ne doit pas être majorée de 50 %.

### I.3.4 Déformations dues au retrait du béton

Les déformations dues au retrait du béton se calculent à l'aide des formules suivantes (SIA 262, chiffre 3.1.2.5.7):

$$\varepsilon_{cs}(t) = \varepsilon_{cs,\infty} \beta(t-t_s) \quad \text{et} \quad \Delta l_{cs} = \varepsilon_{cs}(t) \cdot l'_0$$

• Coefficient de retrait final (SIA 262, figure 3):	$\varepsilon_{cs,\infty}$	=	$0.38 \text{ ‰}$
• Coefficient de prise en compte du début du retrait (SIA 262, figure 3):	$\beta(t-t_s)$	=	voir Fig. I.7
• Epaisseur de l'élément de construction:	$h_0$	=	$265 \text{ mm}$
• Age du béton:	$t$	=	voir Fig. I.7
• Age du béton au début du retrait:	$t_s$	=	$14 \text{ jours}$
• Longueur sujette à la déformation:	$l'_0$	=	$29.5 \text{ m}$

Fig. I.7 Variations de longueur dues au retrait du béton

$t_s$	$t$	$\beta(t-t_s)$	$\varepsilon_{cs}(t)$	$\Delta l_{cs} = \varepsilon_{cs}(t) \cdot l_0'$
14	0	—	—	—
14	14	0	0.00 ‰	- 0.0 mm
14	28	0.13	0.05 ‰	- 1.5 mm
14	90	0.40	0.15 ‰	- 4.4 mm
14	360	0.67	0.25 ‰	- 7.4 mm
14	5 ans	0.76	0.29 ‰	- 8.6 mm
14	$t_\infty$	0.79	0.30 ‰	- 8.9 mm

On admet que les appuis sont installés le jour du bétonnage ( $t = 0$  jour) et les joints de chaussée à  $t = 90$  jours. La déformation horizontale à l'appui est de  $\Delta l_{LA,cs} = - 8.9 - (- 0.0) = - 8.9$  mm et, au joint de chaussée, de  $\Delta l_{FU,cs} = - 8.9 - (- 4.4) = - 4.5$  mm.

### I.3.5 Déformations dues aux charges permanentes et au fluage

Les déformations dues au fluage du béton sont décrites par les relations suivantes (SIA 262, chiffre 3.1.2.5.2):

$$\varepsilon_{cc}(t) = \varphi(t, t_0) \varepsilon_{c,el} \quad \text{et} \quad \alpha_{y,cc}(t) = \varphi(t, t_0) \alpha_{y,el}$$

- Coefficient de fluage (SIA 262, chiffre 3.1.2.5.3):  $\varphi(t, t_0) = \varphi_{RH} \beta_{fc} \beta(t_0) \beta(t-t_0)$
- Epaisseur de l'élément de construction:  $h_0 = 265$  mm
- Coefficient pour la prise en compte de l'humidité relative:  $\varphi_{RH} = 1.4$
- Coefficient pour la prise en compte de la solidité du béton:  $\beta_{fc} = 2.7$
- Coefficient pour la prise en compte de l'âge du béton lors de la mise en charge:  $\beta(t_0) =$  voir Fig. I.8
- Coefficient pour la prise en compte de la durée d'application de la charge:  $\beta(t-t_0) =$  voir Fig. I.8
- Déformation spécifique élastique du béton:  $\varepsilon_{c,el} =$  voir Fig. I.8
- Age du béton:  $t =$  voir Fig. I.8
- Age du béton au début de l'action:  $t_0 = 14$  jours
- Longueur sujette à la déformation:  $l_0' = 29.5$  m

Raccourcissement élastique de la poutre dû à la force de précontrainte  $P_0 = 16'000$  kN:

$$\Delta l_{el} = l_0' \cdot \frac{P_0 / A_c}{E_{cm}} = 29'500 \cdot \frac{16'000 / 4.35 \cdot 10^6}{34} = - 3.2 \text{ mm}$$



*Fig. I.8 Variations de longueur dues aux déformations élastiques et au retrait du béton*

$t_0$	$t$	$\beta(t_0)$	$\beta(t-t_0)$	$\varepsilon_{cc}(t) = \varphi(t, t_0) \cdot \varepsilon_{c,el}$	$\Delta l_{cc} = (1 + \varphi(t, t_0)) \cdot \Delta l_{el}$
14	0	0.55	0.00	$0.00 \cdot \varepsilon_{c,el}$	$(1.0 + 0.00) \times 0.0 = -0.0 \text{ mm}$
14	14	0.55	0.00	$0.00 \cdot \varepsilon_{c,el}$	$(1.0 + 0.00) \times 3.2 = -3.2 \text{ mm}$
14	28	0.55	0.32	$0.67 \cdot \varepsilon_{c,el}$	$(1.0 + 0.67) \times 3.2 = -5.3 \text{ mm}$
14	90	0.55	0.52	$1.08 \cdot \varepsilon_{c,el}$	$(1.0 + 1.08) \times 3.2 = -6.7 \text{ mm}$
14	360	0.55	0.73	$1.52 \cdot \varepsilon_{c,el}$	$(1.0 + 1.52) \times 3.2 = -8.1 \text{ mm}$
14	5 ans	0.55	0.91	$1.89 \cdot \varepsilon_{c,el}$	$(1.0 + 1.89) \times 3.2 = -9.3 \text{ mm}$
14	$t_\infty$	0.55	1.00	$2.08 \cdot \varepsilon_{c,el}$	$(1.0 + 2.08) \times 3.2 = -9.9 \text{ mm}$

On considère que les appuis sont encastrés le jour du bétonnage ( $t = 0$  jour) et les joints de chaussée à  $t = 90$  jours. La poutre est précontrainte à 100 % 14 jours après le bétonnage. La déformation horizontale à l'appui est de  $\Delta l_{LA,cc} = -9.9 - (-0.0) = -9.9 \text{ mm}$  et, au joint de chaussée, de  $\Delta l_{FÜ,cc} = -9.9 - (-6.7) = -3.2 \text{ mm}$ .

Les charges permanentes, précontrainte de  $P_\infty = 13'600 \text{ kN}$  comprise, provoquent une rotation de l'appui de  $\alpha_{y,el} = 0.6 \text{ mrad}$ . Pour les charges permanentes, la section reste sans fissures ( $\sigma_{c,Rand} \leq f_{ctm} = 2.9 \text{ N/mm}^2$ ); il en résulte pour  $t = 90$  jours une rotation de l'appui  $\alpha_{y,LA,cc} = (1.0 + 1.08) \cdot 0.6 = 1.3 \text{ mrad}$  et, au temps  $t = t_\infty$  une rotation de  $\alpha_{y,LA,cc} = (1.0 + 2.08) \cdot 0.6 = 1.9 \text{ mrad}$ .

La déformation horizontale du joint de chaussée  $\Delta l_{FÜ,cc}$  se calcule en multipliant la rotation  $\alpha_{y,LA,cc}$  de l'appui par la hauteur  $h$  de la poutre; elle est de  $\Delta l_{FÜ,cc} = - (1.9 - 1.3) \cdot 1500 = -0.9 \text{ mm}$ .

### I.3.6 Déformations dues aux charges de trafic verticales

Le modèle de charge 1 pour les charges de trafic verticales (selon SIA 261, chiffre 10.2.2) indique pour le pont type une rotation élastique de l'appui de  $\alpha_{y,LA,LM1} = +1.8 \text{ mrad}$ .

La déformation horizontale  $\Delta l_{FÜ,LM1}$  au joint de chaussée se calcule en multipliant la rotation  $\alpha_{y,LA,LM1}$  de l'appui par la hauteur  $h$  de la poutre; elle s'élève à  $\Delta l_{FÜ,LM1} = -2.7 \text{ mm}$ .

### I.3.7 Récapitulation des composantes des déformations

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs caractéristiques calculées des déformations d'un pont type à appui mobile accompagné d'un joint de chaussée.

**Fig. I.9 Valeurs caractéristiques des déformations d'un pont type à appui mobile avec joint de chaussée**

Actions	Déformations à l'appui mobile		Déformations au joint de chaussée
	Translation $\Delta l_{LA,k}$	Rotation $\alpha_{y,LA,k}$	Translation $\Delta l_{FÜ,k}$
Variation uniforme de la température	+ 8.9 mm	–	+ 8.9 mm
$\Delta T_{1k}$ , augmentée : positive	- 8.9 mm	–	- 8.9 mm
$\Delta T_{1k}$ , diminuée : négative			
Variation linéaire de la température	–	- 1.1 mrad	+ 1.6 mm
$\Delta T_{2k} : (T_{\text{haut}} > T_{\text{bas}})$	–	+ 0.4 mrad	- 0.6 mm
$\Delta T_{2k} : (T_{\text{haut}} < T_{\text{bas}})$			
Retrait	- 8.9 mm	–	- 4.5 mm
Déformation élastique, précontrainte et fluage	- 9.9 mm	–	- 3.2 mm
	–	+ 1.9 mrad	- 0.9 mm
Charges de trafic verticales (modèle de charge LM 1 )	–	+ 1.8 mrad	- 2.7 mm

## I.4 Preuve de l'aptitude au service

L'aptitude au service doit être établie conformément au chiffre 2.3.2 de ce chapitre. Le calcul considère un coefficient de charge de  $\gamma = 1.5$ . Les résultats déterminants sont indiqués en gras dans les figures Fig. I.10 et Fig. I.11.

**Fig. I.10 Valeurs de dimensionnement des déformations d'origine essentiellement thermique**

Situations de dimensionnement avec la température pour principal facteur agissant	Déformations à l'appui mobile		Déformations au joint de chaussée
	Translation $\Delta l_{LA,d}$	Rotation $\alpha_{y,LA,d}$	Translation $\Delta l_{FÜ,d}$
Situation de projet $E_{d,+}$	<b>+ 13.4 mm</b>	+ 5.5 mrad	<b>15.8 mm</b>
Situation de projet $E_{d,-}$	<b>- 41.6 mm</b>	<b>- 1.7 mrad</b>	<b>- 30.2 mm</b>

**Fig. I.11 Valeurs de dimensionnement des déformations dues essentiellement aux charges de trafic**

Situation de projet avec la charge de trafic pour principal facteur agissant	Déformations à l'appui mobile		Déformations au joint de chaussée
	Translation $\Delta l_{LA,d}$	Rotation $\alpha_{y,LA,d}$	Translation $\Delta l_{FÜ,d}$
Situation de projet $E_{d,+}$	+ 8.0 mm	<b>+ 5.9 mrad</b>	9.5 mm
Situation de projet $E_{d,-}$	- 36.2 mm	- 1.0 mrad	- 25.5 mm

## Bibliographie

- |      |  |
|------|--|
| [1]  | European Organisation for Technical Approval EOTA, ETAG n° 032 (in Erarbeitung):<br>„Guideline for European Technical Approval of Expansion Joints for Road Bridges“                               |
| [2]  | Office fédéral des routes OFROU, Directive n° 12001 (2005):<br>„Elaboration des projets et construction des ouvrages d'art des routes nationales “   |
| [3]  | Office fédéral des routes OFROU, Directive n° 12002 (2005):<br>„Surveillance et entretien des ouvrages d'art des routes nationales “   |
| [4]  | Office fédéral des routes OFROU, Directive n° 11002 (2005):<br>„Prise en considération de l'entretien dans l'élaboration des projets et lors de la construction des routes nationales “            |
| [5]  | Office fédéral des routes OFROU, Directive n° 12011 (2005):<br>„Joints de chaussée en bitume-polymère“   |
| [6]  | Office fédéral des routes OFROU, AGB rapport de recherche n° 570, (2004):<br>„Fahrbahnübergänge aus Stahl und Brückenlager - Stand der Technik“  |
| [7]  | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003):<br>„Norm SIA 260 – Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses “   |
| [8]  | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003):<br>„Norm SIA 261 – Actions sur les structures porteuses “   |
| [9]  | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003):<br>„Norm SIA 262 – Construction en béton“   |
| [10] | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003):<br>„Norm SIA 263 – Construction en acier“   |
| [11] | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003):<br>„Norm SIA 264 – Construction mixte acier-béton “   |
| [12] | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003):<br>„Norm SIA 267 – Géotechnique“  |
| [13] | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2011):<br>„Norm SIA 269 – Bases pour la maintenance des structures porteuses “   |
| [14] | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (1997):<br>„Norm SIA 469 – Conservation des ouvrages“   |
| [15] | Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA (2003):<br>„Cahier technique SIA 2022 – Traitement de surface des constructions en acier “  |
| [16] | Lebet J.-P., Utz S., AGB rapport de recherche n° 580 Office fédéral des routes OFROU (2005):<br>„Effets de la température dans le dimensionnement des ponts“                                       |
| [17] | AGB rapport de recherche n° 627, Office fédéral des routes OFROU (2008):<br>„Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung“ |
| [18] | AGB rapport de recherche n° 579, Office des routes OFROU (2005):<br>„Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen – Einbau und Langzeiterfassung am Objekt“  |
| [19] | Norme européenne NE ISO 3834-2 (2005):<br>„Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques – Partie 2: Exigences de qualité complète“   |
| [20] | Office fédéral des routes OFROU, Documentation 82016 (2011):<br>„Gesetzliches und technisches Regelwerk im Bauproduktbereich in Europa und in der Schweiz“   |



## Liste des modifications

Edition	Version	Date	Modifications
2011	1.10	04.02.2021	Précision sur les responsabilités de la fixation de la valeur de préréglage
2011	1.00	01.06.2011	Entrée en vigueur Édition 2011

