

Gestion d'un patrimoine d'ouvrages terrestres



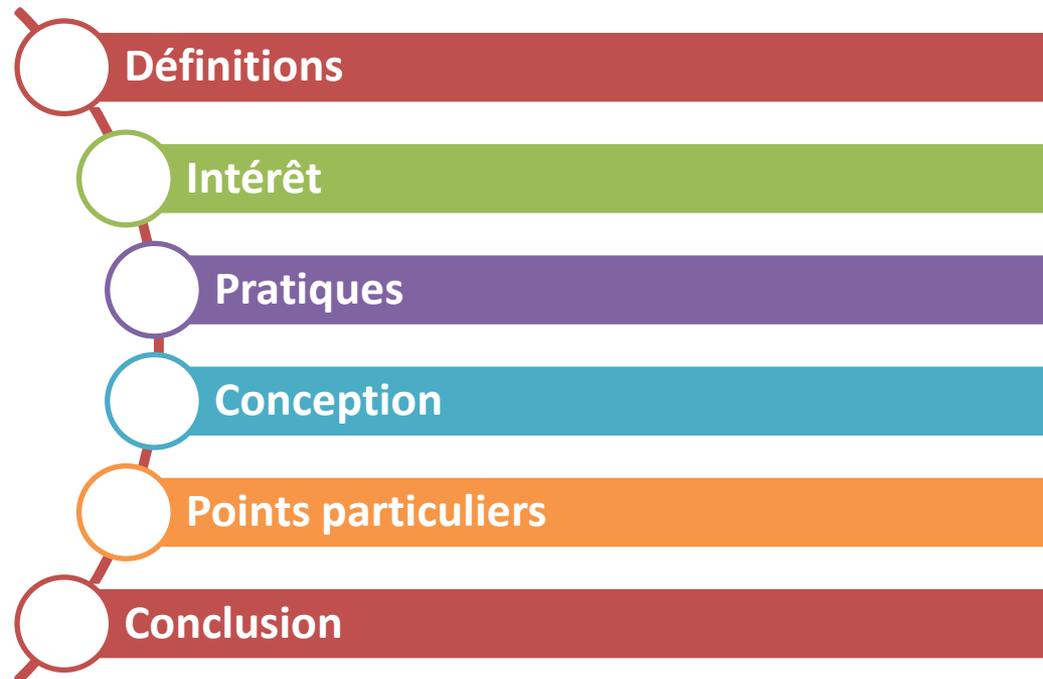
Mercredi 4 mars 2015

Journée technique sous l'égide de la CoTITA Ouest

Philippe JANDIN – Directeur de projets – DTecITM CTOA/DGOI

L'exemple des ponts intégraux

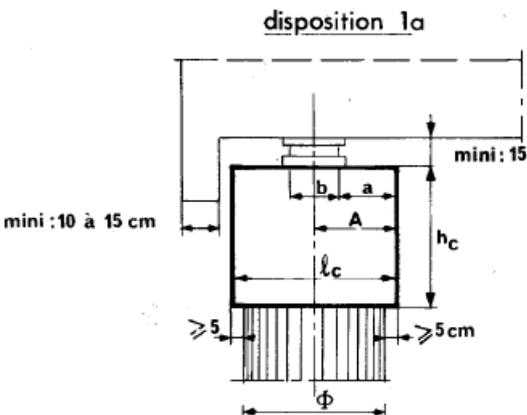
Sommaire :



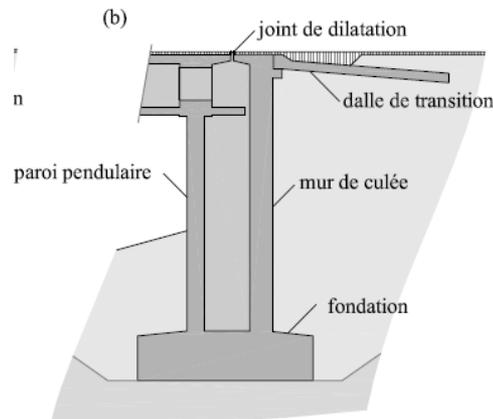
L'exemple des ponts intégraux

Définitions

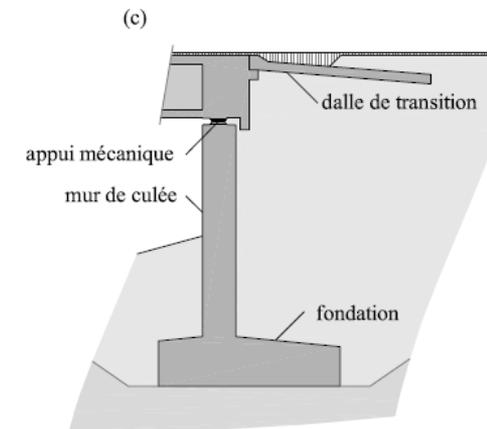
- Ponts semi-intégraux :
 - suppression des appareils d'appui **ou**
 - suppression des joints de dilatation



Dossier PP73 + JADE68 (joint léger)



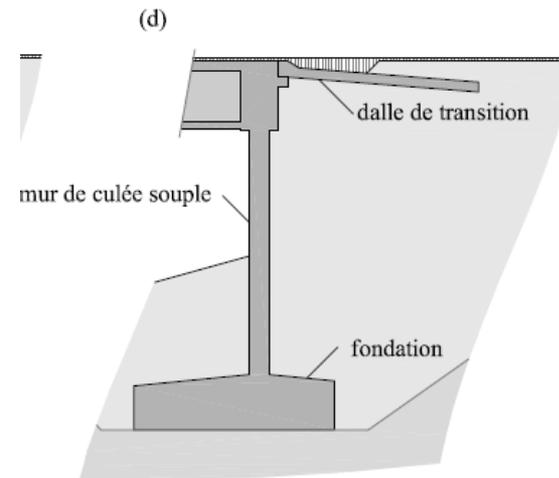
Source : EPFL – Thèse n°4880 D. DREIER (2010)



L'exemple des ponts intégraux

Définitions

- Ponts intégraux :
 - suppression des appareils d'appui **et** des joints de dilatation



Source : OFROU – Thèse n°4880 D. DREIER (2010)

L'exemple des ponts intégraux

Intérêts

- Réduire le coût de construction (suppression des appareils d'appui et joints de dilatation, « simplification » de la construction)
- Réduire la maintenance et les nuisances
 - Coûts directs : plus de maintenance de ces équipements, élimination des désordres aux abouts de tablier
 - Coûts indirects : élimination de la gêne aux usagers lors de ces opérations, élimination des nuisances sonores

L'exemple des ponts intégraux

Intérêts : Réduction de la maintenance des joints de dilatation et des appareils d'appui



Photos : CG54

L'exemple des ponts intégraux

Intérêts : Réduction de la maintenance des abouts de pont



Photos : CG54

L'exemple des ponts intégraux

Intérêts : Réduction de la maintenance des abouts de pont



Photos : CG54

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques à l'étranger

- Très répandues et courantes :
 - USA
 - Canada
 - Royaume Uni
- Moins répandues ou en développement :
 - Suisse, Suède, Allemagne, Finlande, Pologne
 - Australie, Nouvelle-Zélande
 - Inde, Japon, Chine

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques aux USA

- 1^{ers} ponts dès les années 1920 (Colorado)
- Ohio : pont de 1938



SR 7 Teens Run Bridge at Eureka in southeastern Ohio – Source “Integral & Semi-Integral Bridges” Martin P Burke Jr

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques aux USA

- 1ers ponts dès les années 1920 (Colorado)
- Années 30/40 : Massachussets, Kansas, Ohio, Oregon, Pennsylvanie, Dakota du Sud
- Années 50 : Californie, Nouveau-Mexique et Wyoming
- Années 50/60 : Minnesota, Tennessee, Dakota du Nord, Iowa, Wisconsin et Washington



L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques aux USA

- Evolution du nombre d'Etats

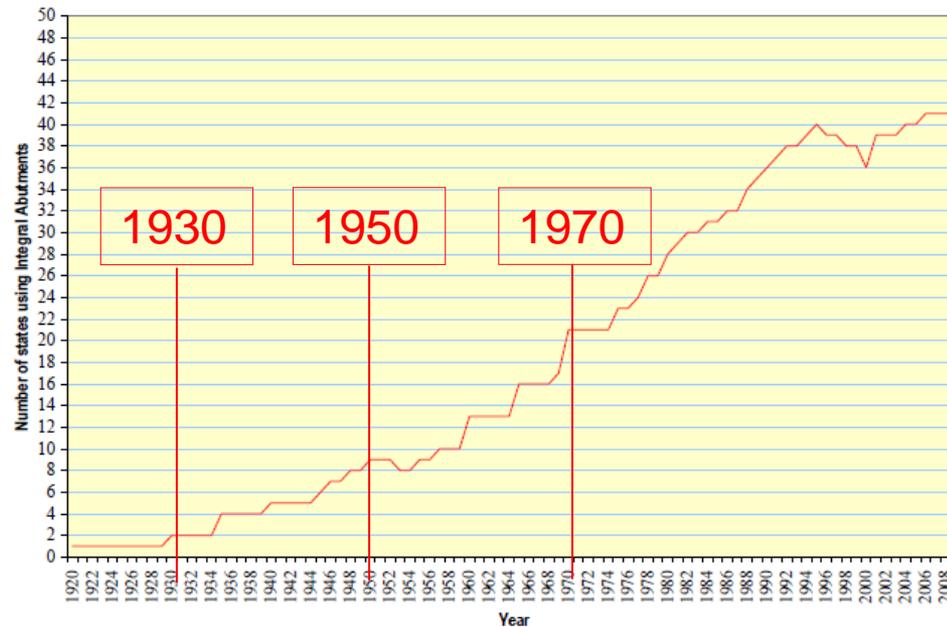


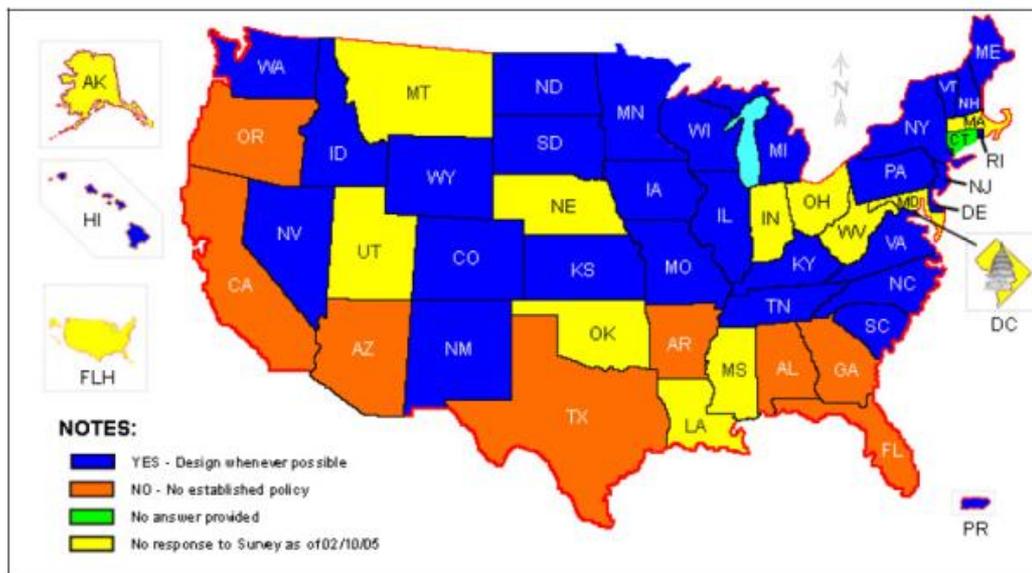
Fig. 1. Evolution of integral abutment bridges in the United States

Source : « A survey on the status of use, problems and costs associated with Integral Abutment Bridges » - A. Paraschos, A.M. Amde - 2009

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques aux USA

- Chaque Etat fixe les domaines d'emploi de ce type de structures



*Integral And Jointless
Bridges – FHWA
Conference 2005*

Figure 5: Future Plans for IAJB Design and Construction

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques aux USA

- Domaine d'emploi

Table 2 Maximum length limits for integral abutment bridges (Diciceli, et al., 2004).

Department of Transportation	Maximum length	
	Composite bridges [m]	Concrete bridges [m]
Colorado	195	240
Illinois	95	125
New Jersey	140	140
Ontario, Canada	100	100
Tennessee	152	244
Washington	91	107

Source : Final Report INTAB - 2010



L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques aux USA

- Record de longueur



*State Route 50 - Bridge over Happy
Hollow Creek – Tennessee – 1175feet
long (358 m)*

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques anglaises

- Design Manual for Roads and Bridges
 - Volume 1 – Section 3 Part 12 : Conception des ponts intégraux (BA42/96 Amendment 1)
 - Recommande de concevoir tous les ponts de – 60 m de long et de biais $< 30^\circ$ en ponts intégraux
 - Recommandations PD6694-1:2011 : chapitre 9 et annexe A

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Inde

- Avantages recherchés :
 - Durabilité : appareils d'appui et joints = points faibles
 - Amélioration des performances au séisme



Destruction d'un AA métallique



Endommagement de la structure au niveau d'un AA

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Australie et Nouvelle-Zélande

- Nouvelle-Zélande^① :
 - Long. maxi = 70 m pour les ponts en béton
 - Long. maxi = 55 m pour les ponts métalliques ou mixtes
 - Conditions sur la flexibilité des appuis et impose une dalle d'approche
- Australie : cf. UK
 - Long. maxi = 60 m et biais < 30°

① : Section 4.11 New-Zealand's Bridge Manual

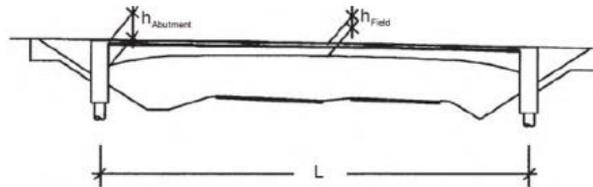
L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Europe : l'Allemagne

- Pas de règles établies ni de guide de conception
- Peu répandu à ce jour

Table 3 Usual slenderness L/h of frameworks in Germany (Braun, et al., 2006).

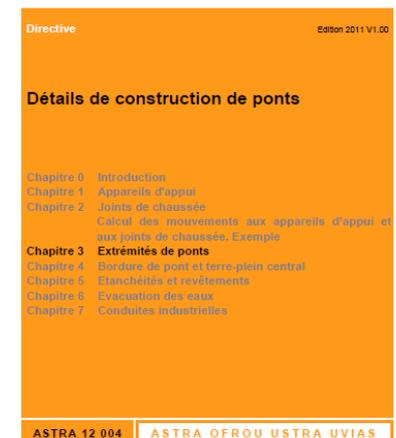
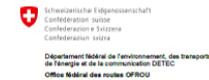
Type of bridge	L/h Abutment	L/h Field	L/h without taper
Road Bridges			
Concrete	12-18	20-25	18-21
Prestressed Concrete	15-19	24-30	20-25
Composite	15-19	25-35	21-25
Railway Bridges			
Concrete	10-15	20-25	16-18
Prestressed Concrete	not common		
Composite	15-18	25-30	18-21



L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Europe : la Suisse

- Directive « 12004 Détails de construction des ponts »
 - Chapitre 3 « Extrémités de ponts » actualisé en 2011
 - Suite à thèse EPFL de D. Dreier de 2010 portant sur l'interaction sol/structure dans le domaine des ponts intégraux



L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Europe : la Suisse

- Directive « 12004 Détails de construction des ponts » Chapitre 3 « Extrémité de ponts »
 - Politique générale :
 - Pour les ouvrages neufs : renoncer aux joints et appareils d'appuis, dans la mesure du possible,
 - Pour les remises en état d'ouvrages existants : vérifier « si une modification du concept d'appui et de dilatation est opportune ou non et, dans l'affirmative, si elle est réalisable à des coûts acceptables »

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Europe : la Suisse

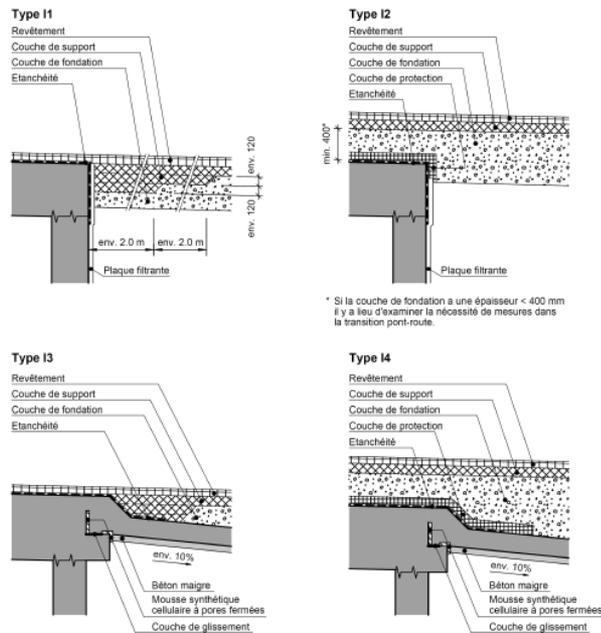


Fig. 4.2 Types d'exécution I1 à I4 pour extrémités de ponts intégraux.

4 types de conception intégrale

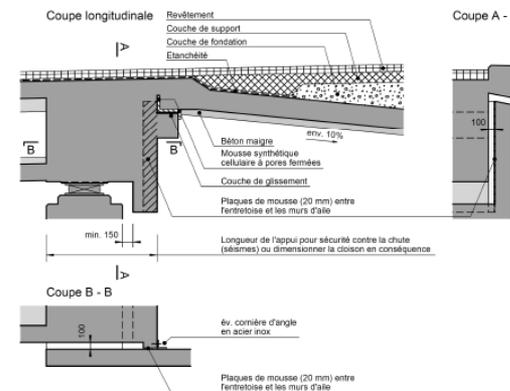
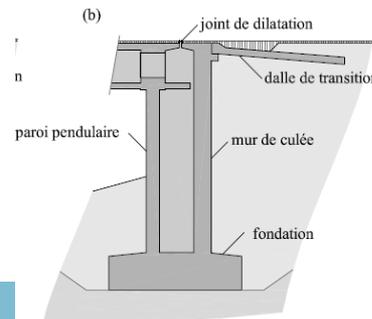


Fig. 4.6 Type d'exécution S1 (extrémité de pont semi-intégrale avec appareils d'appui, mais sans joint de chaussée).



2 types de conception semi-intégrale

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Europe : la Suisse

Types	Caractéristiques					Application / remarques
	Superstructure de la chaussée recouvrant le pont	Dalle de transition	Joint de chaussée	Appareils d'appui		
Intégral déformable fig. 4.2-4.4 (ponts rectilignes, structures porteuses à cadre)	Type I1	non	non	non	non	Ponts courts avec culées basses; dans le cas des routes à grand débit, seulement avec mesures / preuve des tassements
	Type I2	oui	non	non	non	Ponts courts avec culées basses; dans le cas des routes à grand débit, seulement avec mesures / preuve des tassements
	Type I3	non	oui	non	non	Cas normal pour ponts intégraux rectilignes
	Type I4	oui	oui	non	non	Ponts courts
Intégral rigide fig. 4.5 (ponts à courbure)	Type I5	non	oui	non	non	Ponts à courbure prononcée dans le plan horizontal avec culées rigides
Semi-intégral S1: fig. 4.6 S2: fig. 1.1 (b) partie droite	Type S1	non	oui	non	oui	Ponts avec culées basses et/ou sol de fondation rigide
	Type S2	non	oui	oui	non	Rarement appliqué (p.ex. en présence de réactions de soulèvement)
Permettant la dilatation fig. 4.7	Type D	non	oui	oui	oui	Ponts longs

Domaine d'emploi de chaque type

Fig. 4.1 Tableau synoptique des types d'exécution d'extrémités de pont.

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Europe : la Suisse

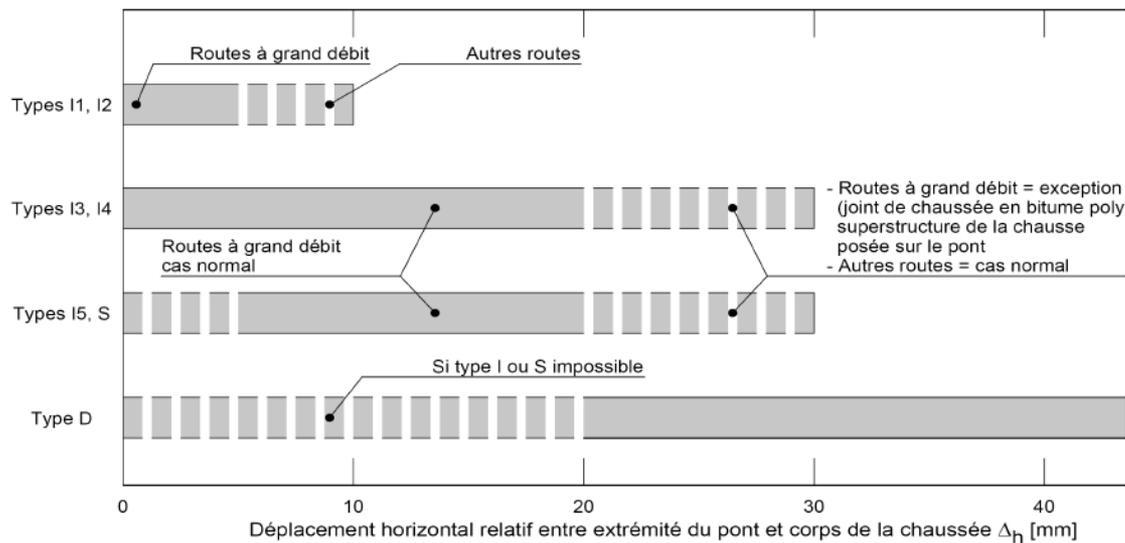


Fig. 4.8 Champs d'application des types d'exécution de l'extrémité du pont (valeurs indicatives du déplacement relatif admissible $\Delta_{h,adm}$ à l'extrémité du pont).

Critère de choix de chaque type :
Déplacement admissible $\Delta_{h, adm}$
en extrémité de pont

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en Europe

- Finlande : limité aux ponts de 35m de portée sous trafic normal et 45m sous trafic faible
- Suède : usage courant pour les faibles longueurs, peu courant pour les longueurs moyennes (20-60m)
- Pologne : pas de recommandations ni de longueur limite, usage peu répandu. Intérêt pour les petites et moyennes longueurs

L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en France

- Ponts-type :
 - Cadres fermés (PICF)
 - Portiques ouverts (PIPO)
 - Portiques ouverts doubles (POD)



Pont D400.150 sur A31 : 2 travées de 43 m de portées biaises

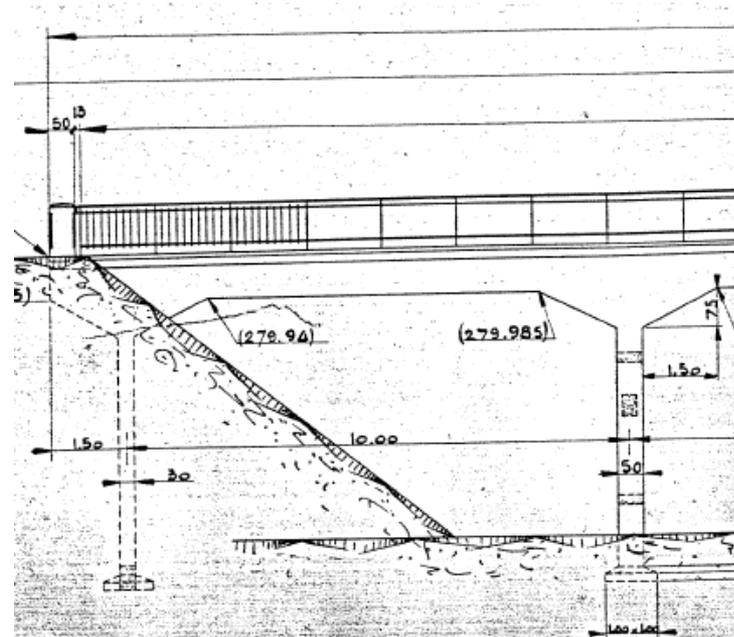
L'exemple des ponts intégraux

Les pratiques en France

- Ponts-type SNCF :

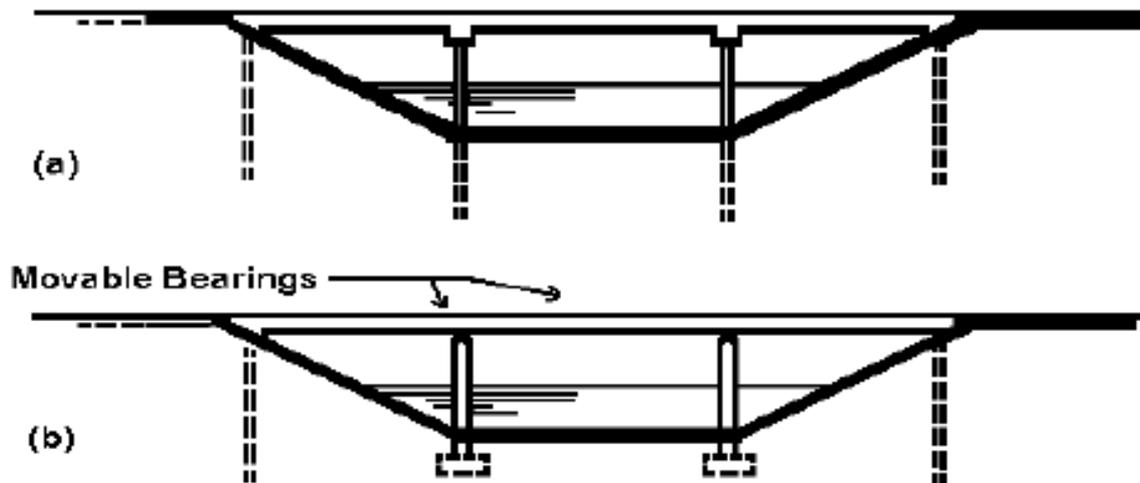


Pont de Méhoncourt sur RD9 – Ligne Nancy-Belfort – 1938 – Photo CG54



L'exemple des ponts intégraux

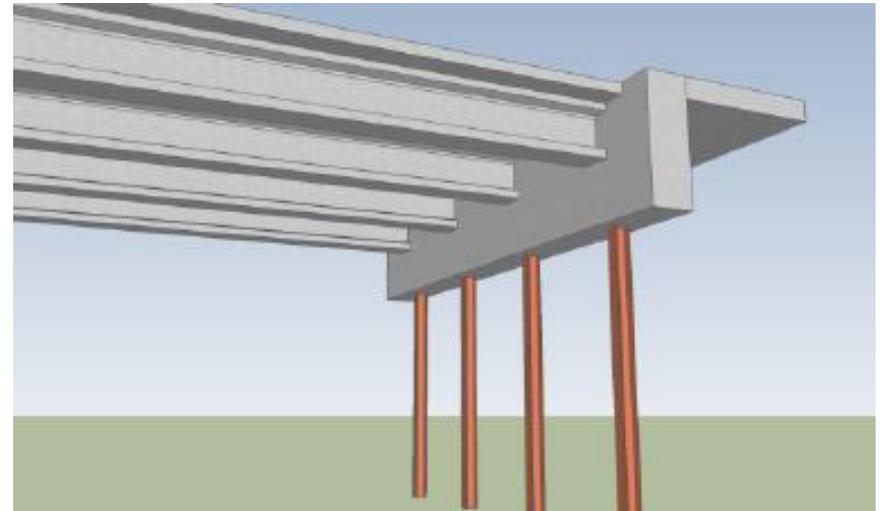
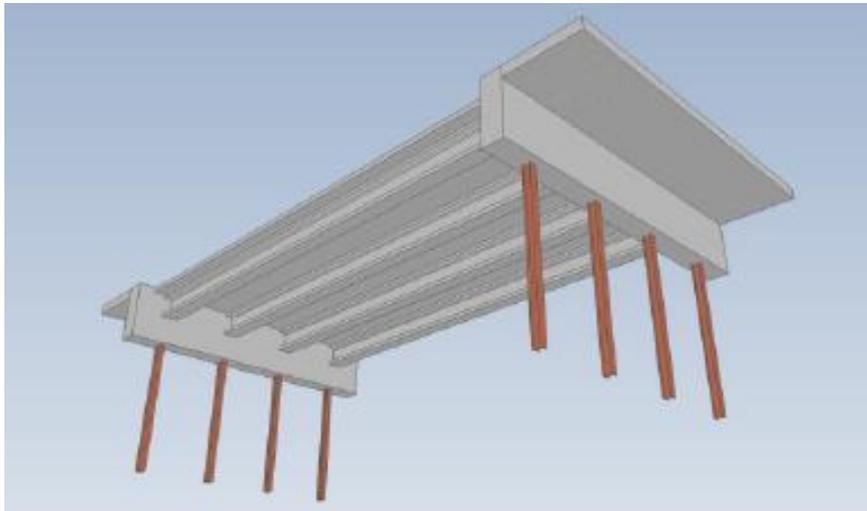
La conception : École anglo-saxonne (USA)



Integral And Jointless Bridges – FHWA Conference 2005

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (USA)



SHRP2 – Design Guide for Bridges for Service Life - 2012

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (USA)

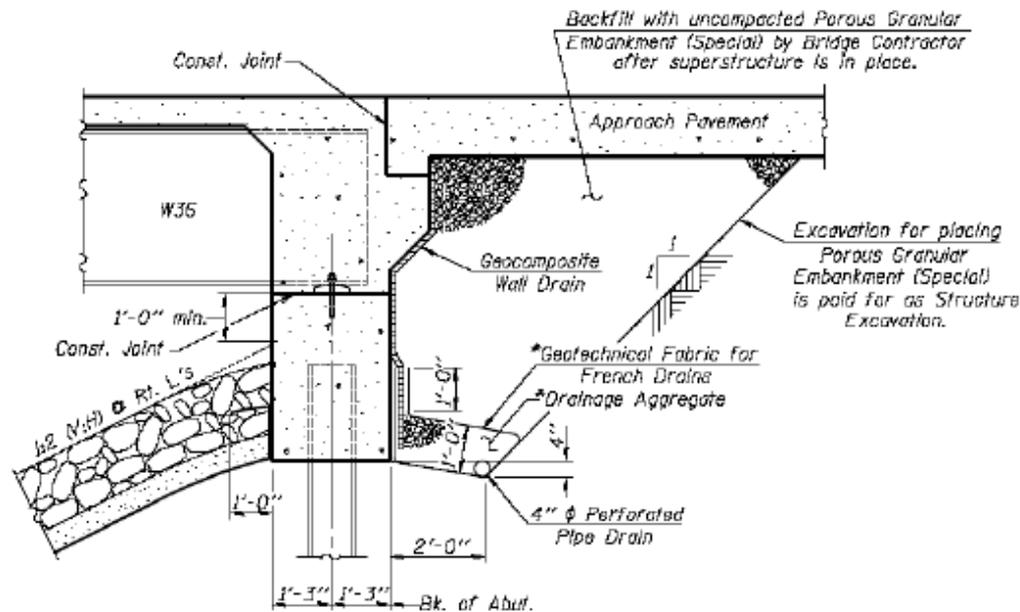


Figure 1. Typical integral abutment detail used by IDOT.

Principe de conception US : Illinois - 2009

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (USA)

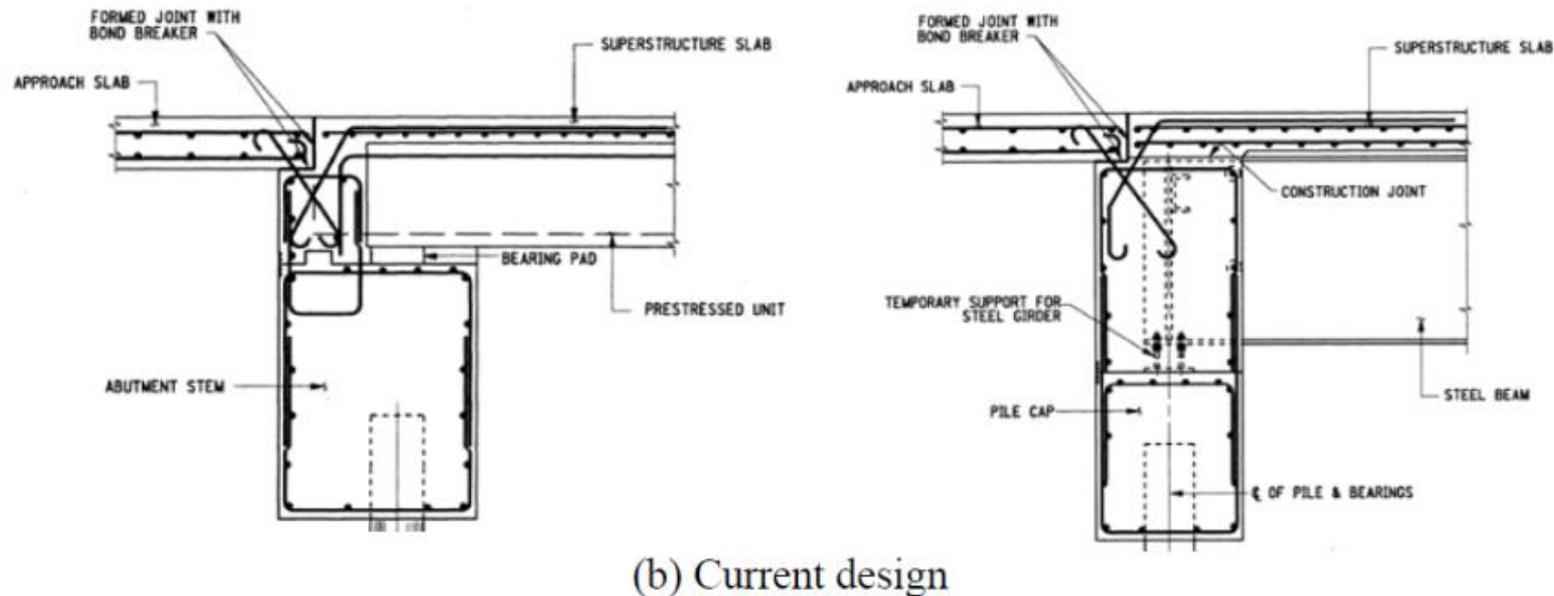


Figure 2-8. NYDOT integral abutment details

Principe de conception US : Etat de New-York

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (USA)



Exemple de pont à poutres métalliques

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (USA)



Pont intégral sur culée et piles

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (UK)

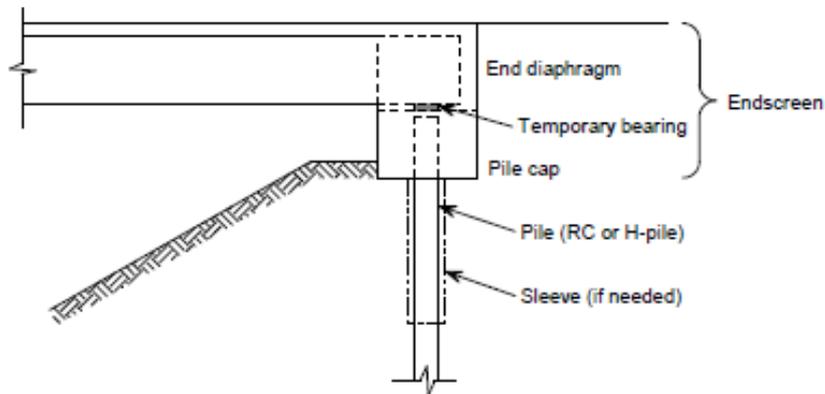


Figure 2.21 Framed integral abutment - with normal earth slope

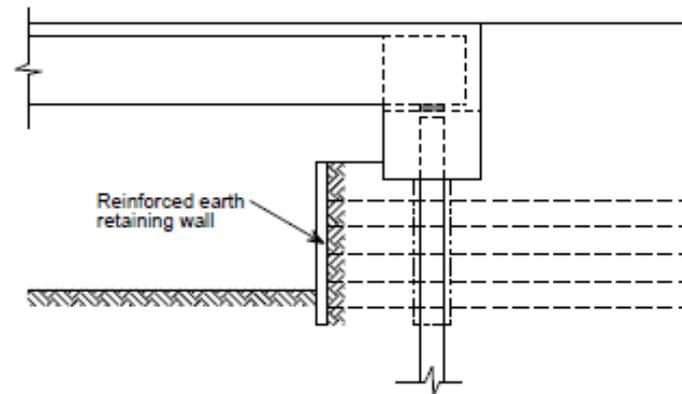


Figure 2.22 Framed abutment - with reinforced earth retaining wall

Source : Composite Highway Bridge Design - Steelbiz

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (UK)



(Photo by courtesy of Mott MacDonald)

Source : Composite Highway Bridge Design - Steelbiz

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (UK)



(Photo by courtesy of Mott MacDonald)

Source : Composite Highway Bridge Design - Steelbiz

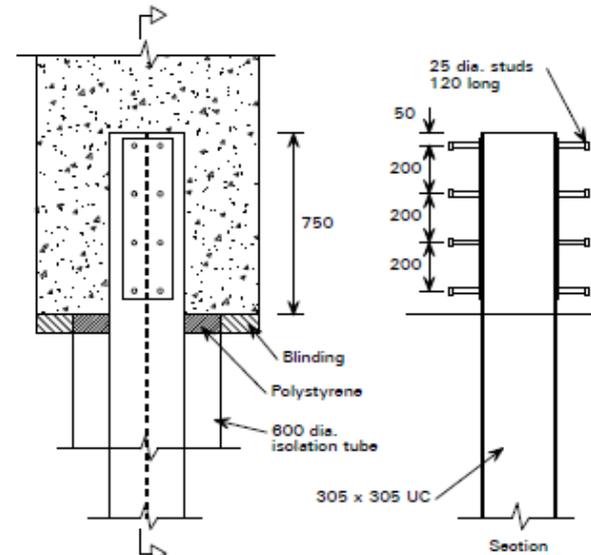


Figure 9.5 Shear connection at the top of an H pile

L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (UK)

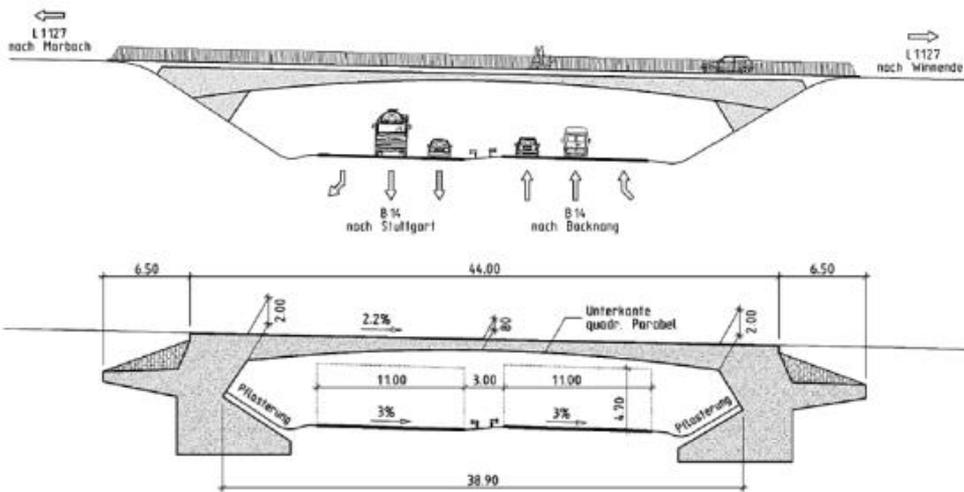


(Photos by courtesy of Atkins)

Source : *Composite Highway Bridge Design - Steelbiz*

L'exemple des ponts intégraux

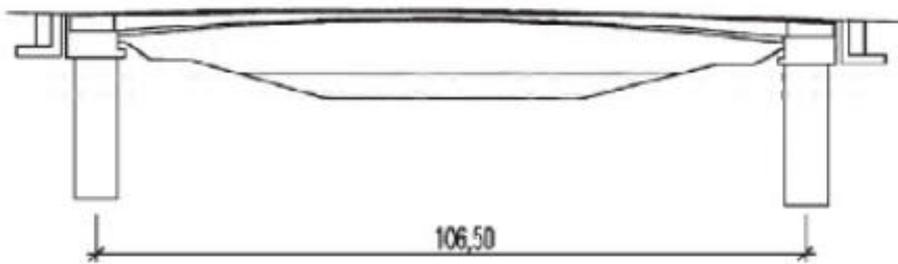
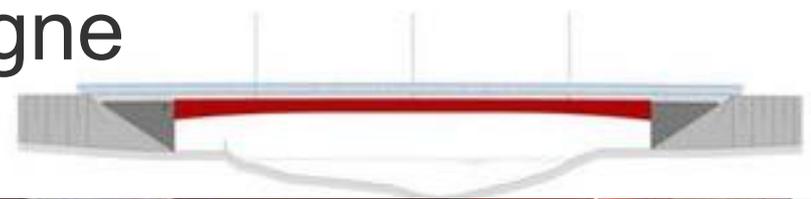
La conception : l'Allemagne



Pont n°5 sur autoroute B14 près de Winnenden – Art. Beton und Stahlbetonbau 99 (2004) – Photo Peter&Lochner

L'exemple des ponts intégraux

La conception : l'Allemagne



Southern Viaduct Berching – Portée de 106m50



*Pont sur la Saale à Merseburg – Portée de 55m40
Photo : SSF*

L'exemple des ponts intégraux

La conception : l'Allemagne



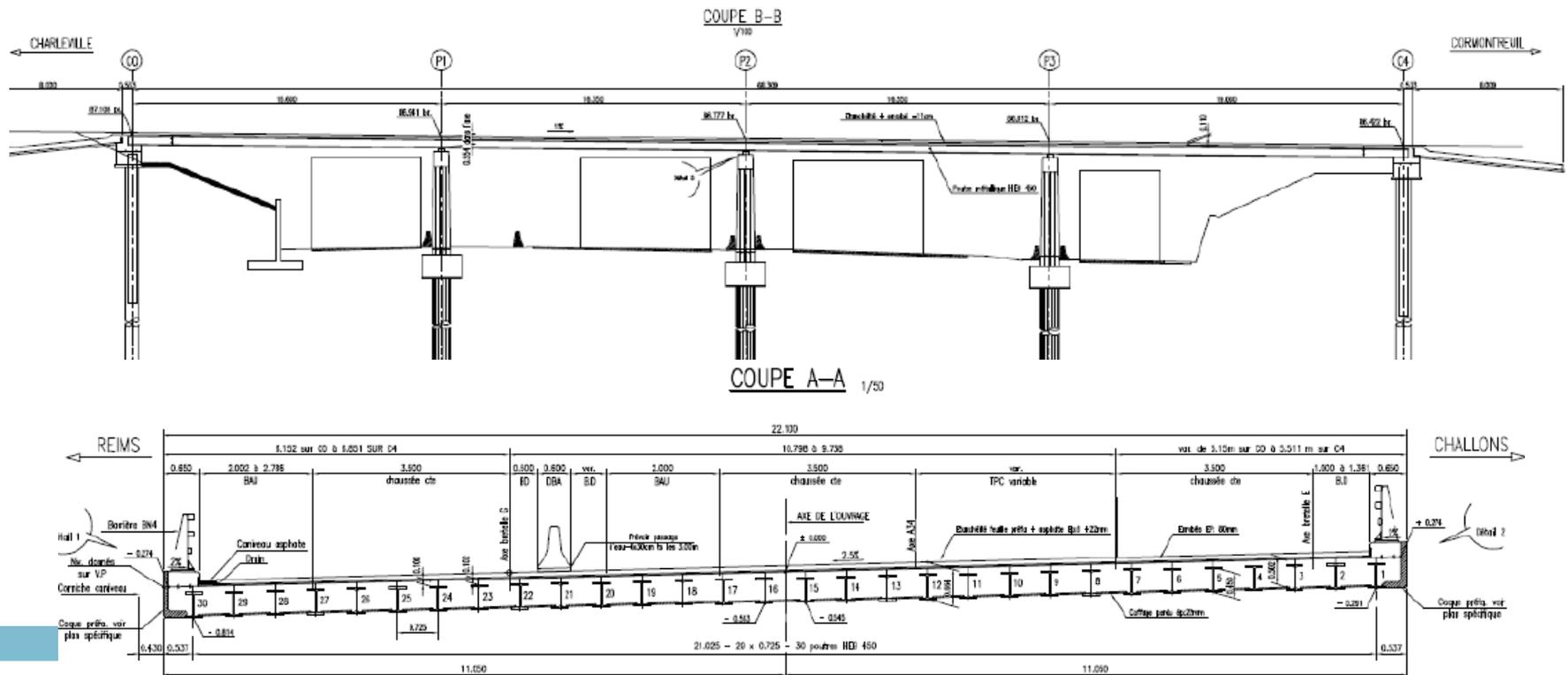
*Pont-rail sur le canal de Teltow à Berlin – Portée de 42m65 – Procédé breveté VFT® de SSF Ingenieure
SSF Ingenieure AG / Florian Schreiber Fotografie*



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

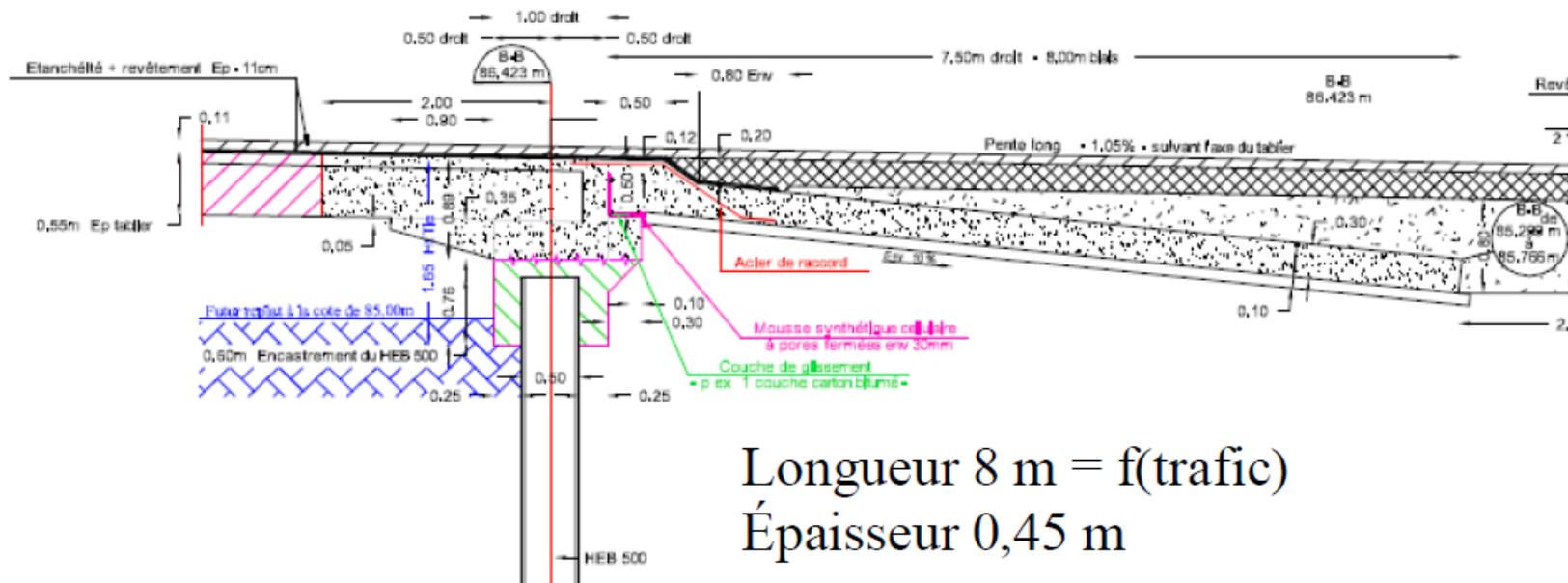
- Pont de Cormontreuil sur échangeur A4/A34



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

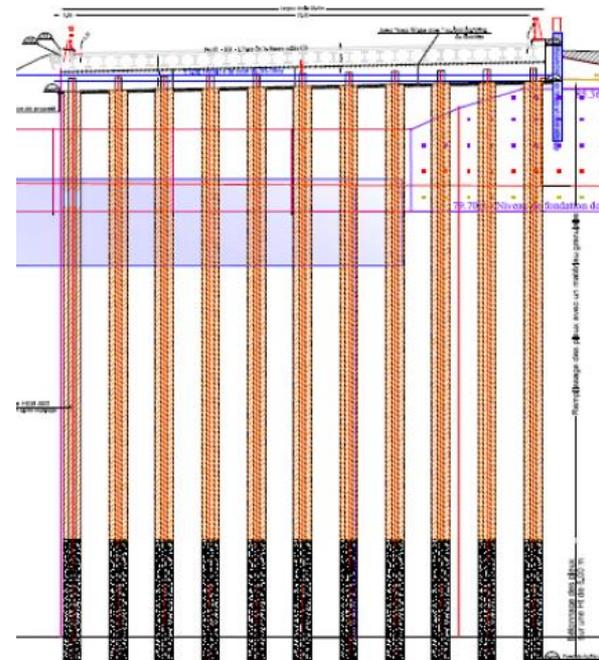
- Pont de Cormontreuil sur échangeur A4/A34



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Pont de Cormontreuil sur échangeur A4/A34
 - Fondations DCE



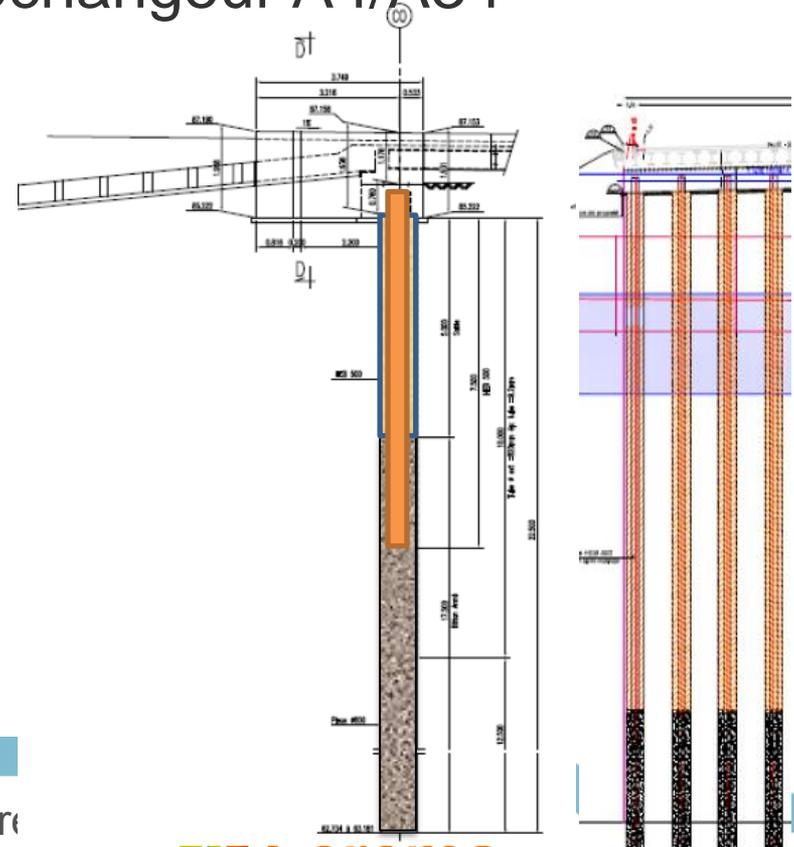
Longueur des pieux = 25m

L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Pont de Cormontreuil sur échangeur A4/A34
 - Fondations exécution
 - Variante entreprise

Longueur des pieux = 22m50



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Pont de Cormontreuil sur échangeur A4/A34
 - Travaux



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Pont de Cormontreuil sur échangeur A4/A34
 - Travaux



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Projet pont du Bosc sur A75



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Projet pont du Bosc sur A75



Photo : SIR 34 – Passage à grande faune au dessus de l'A8 à Brignoles



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Autres exemples
 - LISEA ligne LGV : env. 80 ponts intégraux de type PRAD à



Photo : © LISEA



L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Autres exemples
 - Pont CORA près de Nancy : PIPO à tablier en poutrelles enrobées



Photo : pont CORA Houdemont – Google Street

L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Autres exemples
 - Pont CORA près de Nancy : PIPO à tablier en poutrelles enrobées

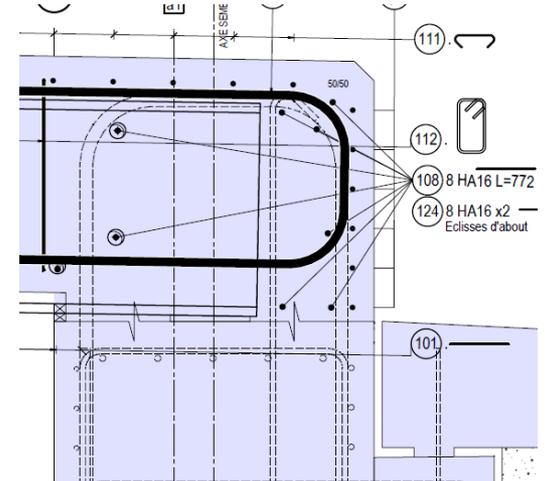
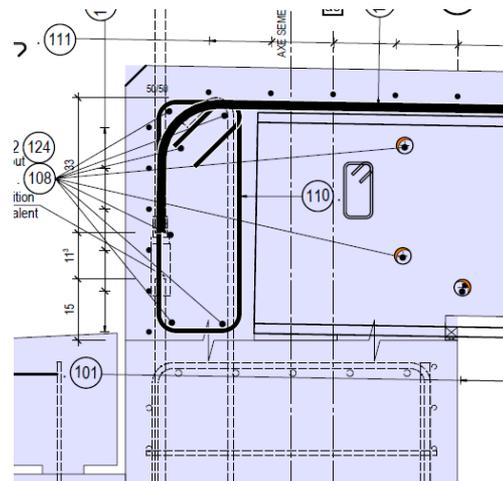
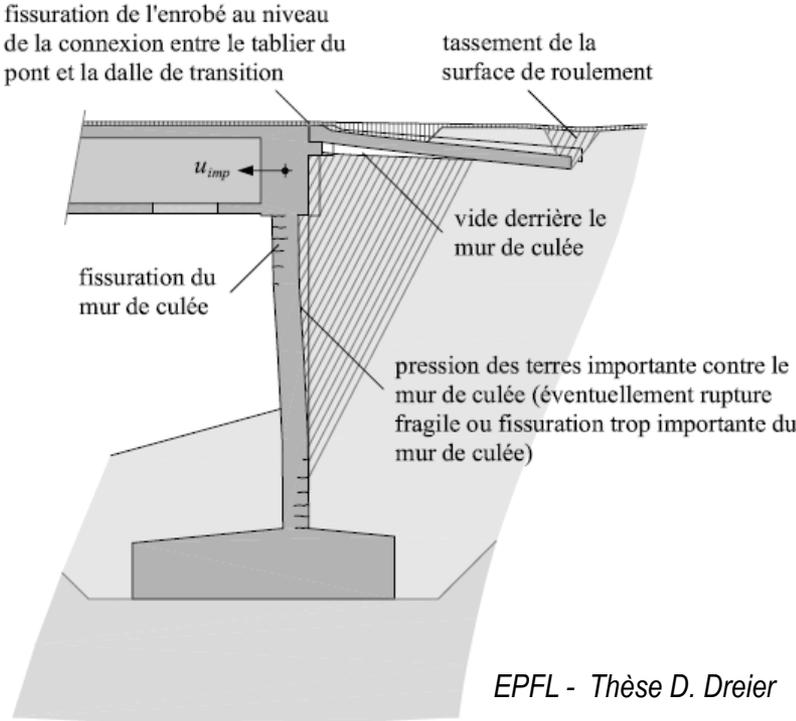


Photo et Plans: pont CORA Houdemont – CU Grand Nancy

L'exemple des ponts intégraux

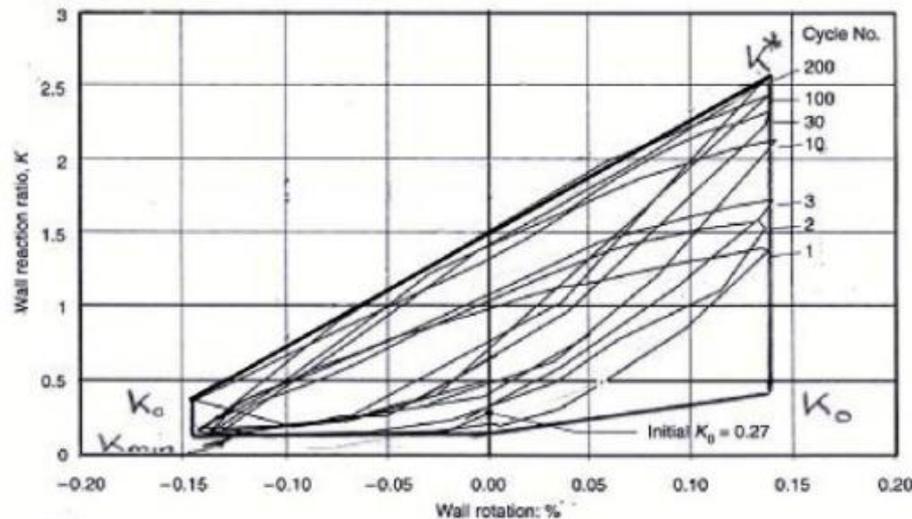
Points particuliers



L'exemple des ponts intégraux

Points particuliers

- Interaction sol/structure



Augmentation de la pression σ_H avec le nombre de cycles

« recompactage » du remblai qui augmente sa rigidité

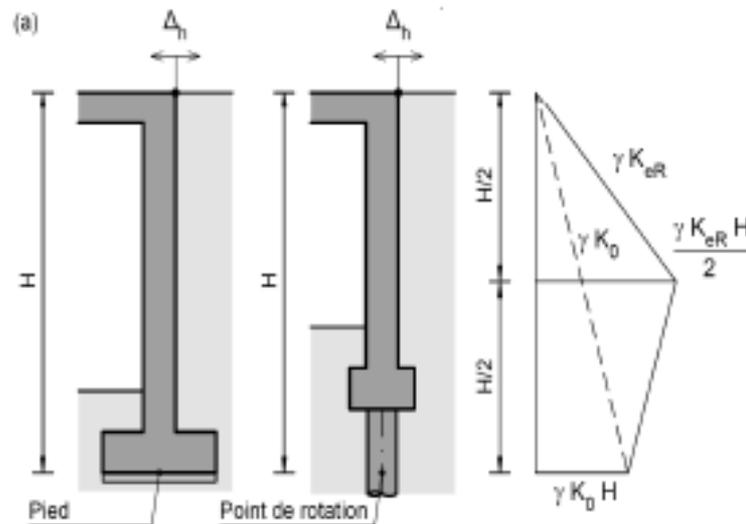
Pressure Cycles from "Integral Bridges - a fundamental approach to the time temperature loading problem" by England, Tsang, Neil and Bush⁽¹²⁾.

L'exemple des ponts intégraux

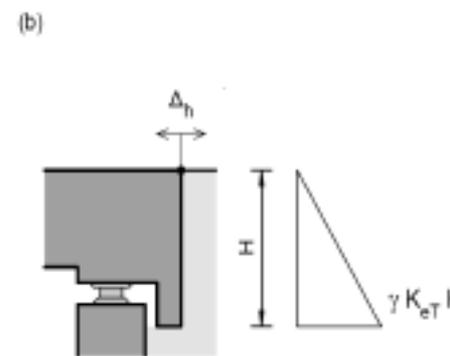
Points particuliers

- Interaction sol/structure

- $$K_{eR} = K_0 + \left(33 \cdot \frac{\Delta_h}{H} \right)^{0.6} \cdot K_p \leq K_p$$



- $$K_{eT} = K_0 + \left(40 \cdot \frac{\Delta_h}{H} \right)^{0.4} \cdot K_p \leq K_p$$



Directive Suisse de l'OFROU C03

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral des routes OFROU

Directive

Edition 2011 V1.00

Détails de construction de ponts

Chapitre 0	Introduction
Chapitre 1	Appareils d'appui
Chapitre 2	Joints de chaussée
	Calcul des mouvements aux appareils d'appui et aux joints de chaussée. Exemple
Chapitre 3	Extrémités de ponts
Chapitre 4	Bordure de pont et terre-plein central
Chapitre 5	Elanchétés et revêtements
Chapitre 6	Evacuation des eaux
Chapitre 7	Conduites industrielles

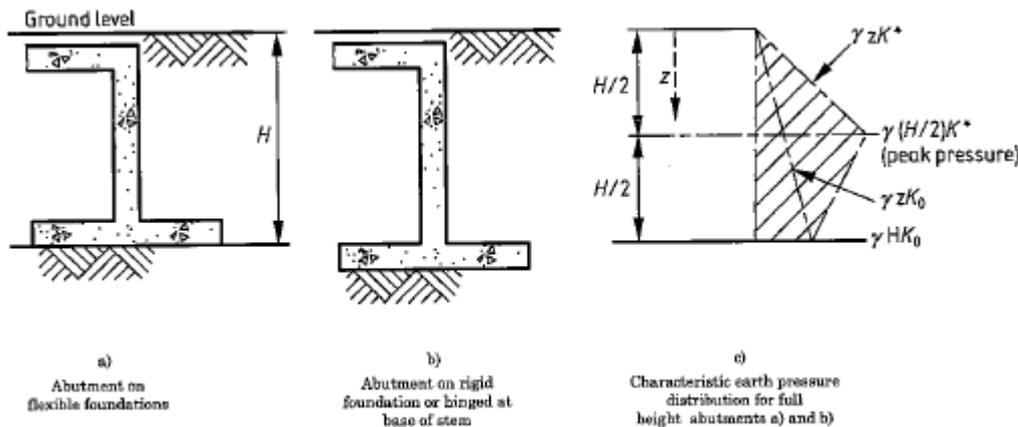
ASTRA 12 004

ASTRA OFROU USTRA UVIAS

L'exemple des ponts intégraux

Points particuliers

- Interaction sol/structure



$$K_{eR} = K_0 + \left(33 \cdot \frac{\Delta h}{H} \right)^{0.6} \cdot K_p \leq K_p$$

$$K_d^* = K_0 + \left(\frac{C d'_d}{H} \right)^{0.6} K_{p;t}$$

Structures travaillant en rotation et translation

$$K_d^* = K_0 + \left(\frac{40 d'_d}{H} \right)^{0.4} K_{p;t}$$

Structures travaillant en translation

$$K_{eT} = K_0 + \left(40 \cdot \frac{\Delta h}{H} \right)^{0.4} \cdot K_p \leq K_p$$

Recommandations anglaises PD6694-1:2011

L'exemple des ponts intégraux

Points particuliers

- Interaction sol/structure

Coefficients de poussée

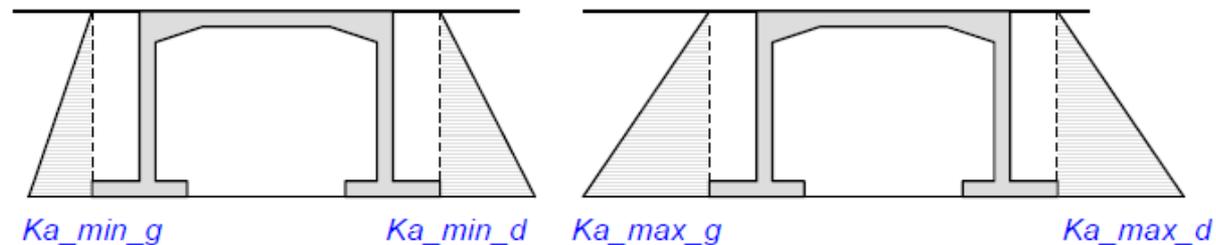


Figure 25 – Poussée des terres

Données (dissymétriques uniquement en option avancée) :

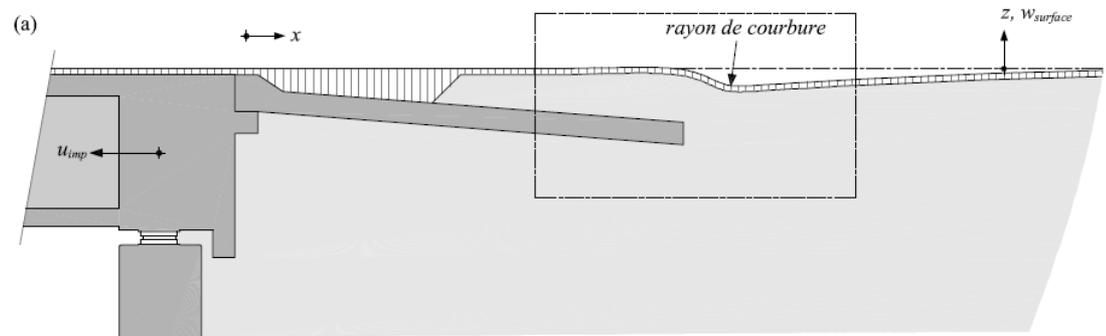
- (ka_{min}) R Coefficient de poussée des terres de Rankine minimum [0.25].
 (ka_{max}) R Coefficient de poussée des terres de Rankine maximum [0.50].

Sétra - CHAMOA

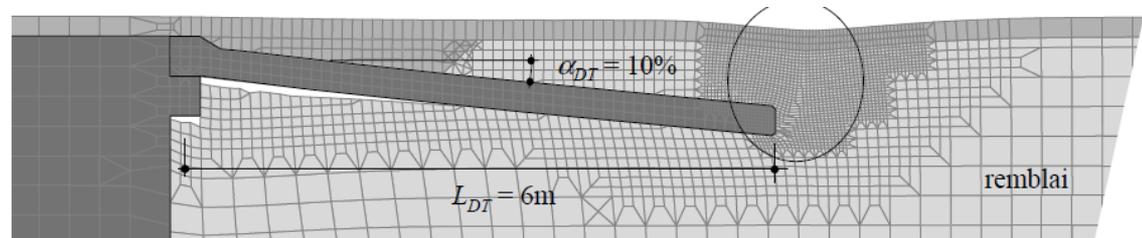
L'exemple des ponts intégraux

Points particuliers

- Fissuration en about d'ouvrage



EPFL - Thèse D. Dreier

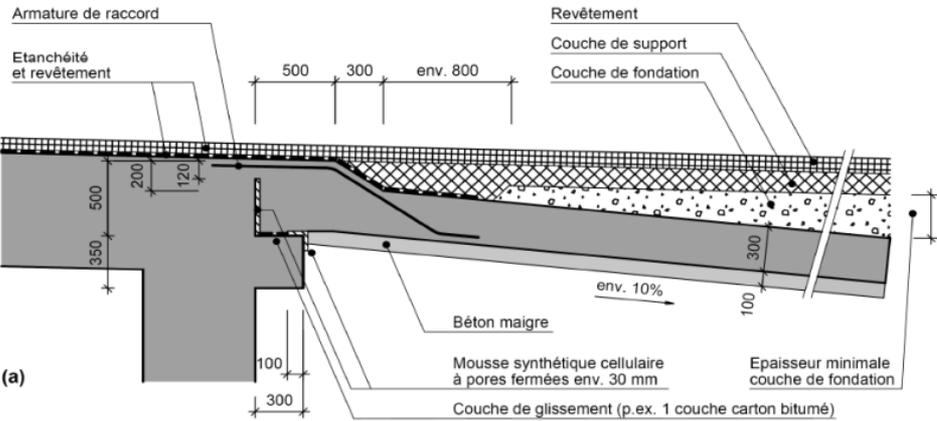


Pont D570.121 sur RD674 : 2 travées de 12m env. – pont courbe sur giratoire

L'exemple des ponts intégraux

Points particuliers

- Fissuration en about d'ouvrage



Dalle de transition Suisse - EPFL - Thèse D. Dreier

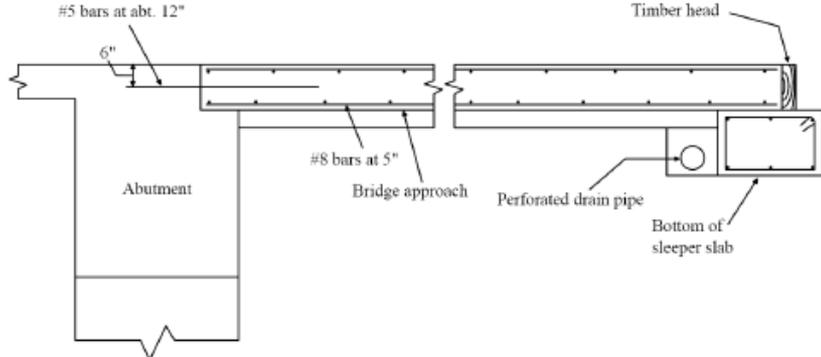


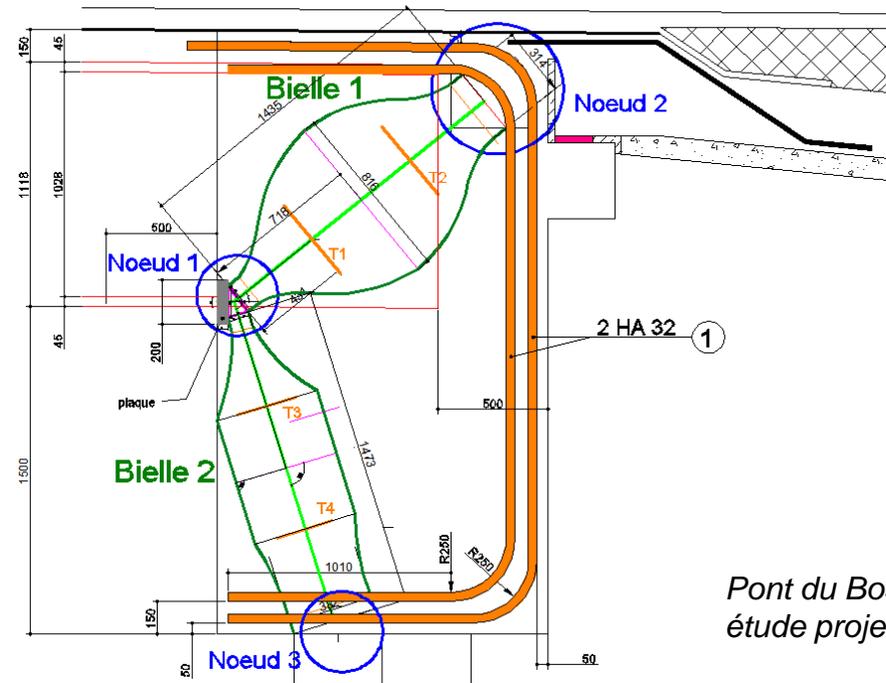
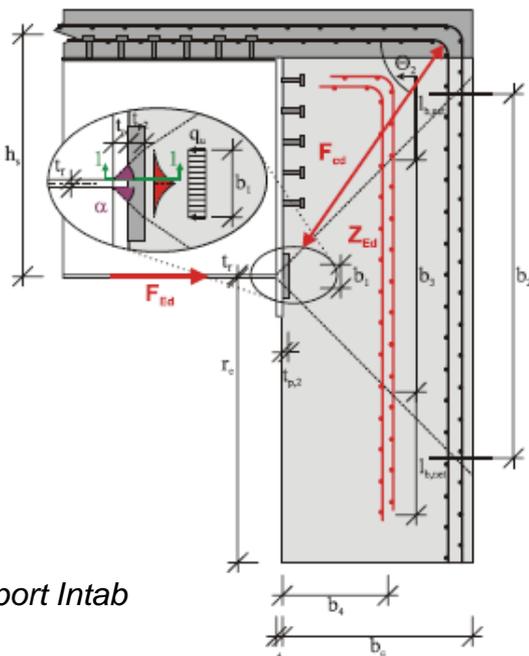
Figure 49 – Bridge Approach Connected to Bridge Deck (Missouri DOT, 2003)

Dalle d'approche USA

L'exemple des ponts intégraux

Points particuliers

- Nœud d'encastrement



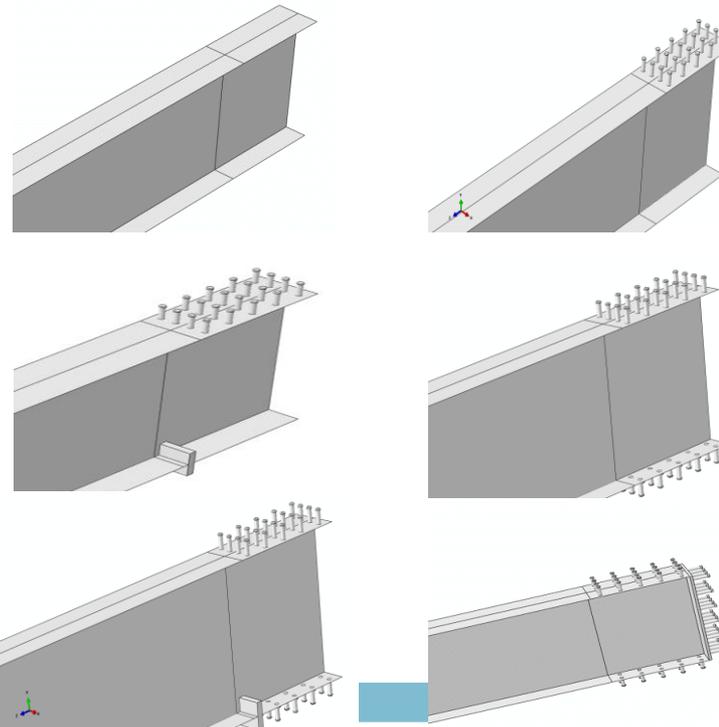
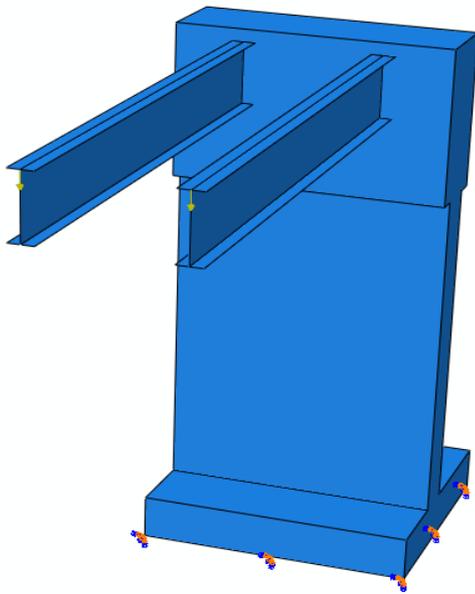
Rapport Intab

Pont du Bosc – Modèle
étude projet

L'exemple des ponts intégraux

Points particuliers

- Nœud d'encastrement

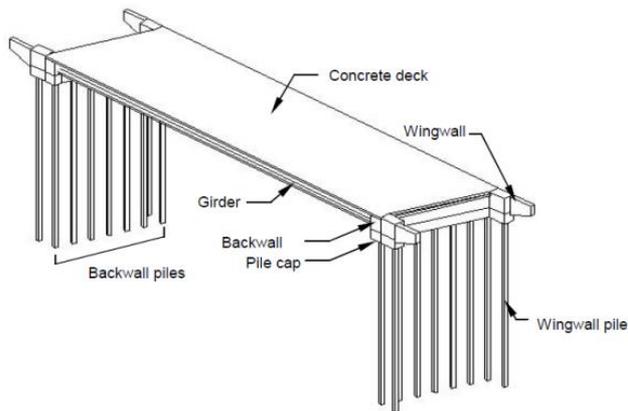


*Master de Said
Belushi –
Université de
Lorraine (2013)*

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Points essentiels de conception
 - Minimiser hauteur d'interaction sol/structure



Iowa State University – Integral Abutment Bridge with Precast Concrete Piles)

- Conception soignée dalle de transition

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Points essentiels de conception
 - Rendre symétrique l'ouvrage
 - Limiter le biais
 - Bon remblai soigneusement compacté et drainé

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Avantages

- Réduction coût de construction :
 - Suppression des appareils d'appui et joints de dilatation
 - Diminution de délai de construction
- Réduction des coûts de maintenance :
 - Plus de maintenance des appareils d'appui et joints de dilatation
 - Élimination des désordres aux abouts de tablier

Source : rapport Intab « Conception économique et durable des ponts mixtes avec culées intégrales » - 2011

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

• Avantages

- Meilleure robustesse
 - Séisme : pas de risque de rupture des appareils d'appui, de chute du tablier de ses appuis, meilleure absorption de l'énergie
 - Plus grand degré de redondance
- Réduction de nuisances :
 - Meilleur confort pour l'utilisateur
 - Réduction des nuisances sonores au passage des joints

Source : rapport Intab « Conception économique et durable des ponts mixtes avec culées intégrales » - 2011

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

• Difficultés

- Calculs plus complexes
- Points de conception à soigner :
 - Murs en aile ou en retour
 - Limiter le biais (70 grades maxi) et la courbure
- Fondations sur pieux H : pratiques peu courantes en France
- En France : domaine d'emploi à fixer, règles de conception et de calcul

Source : rapport Intab « Conception économique et durable des ponts mixtes avec culées intégrales » - 2011

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Possibilité de transformer des ouvrages classiques en ponts semi-intégraux (retrofitting)

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)



*Nouveau pont (1978) –
Photo GoogleStreet*

*Ancien pont (1906) – Photo
GoogleStreet*



L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)

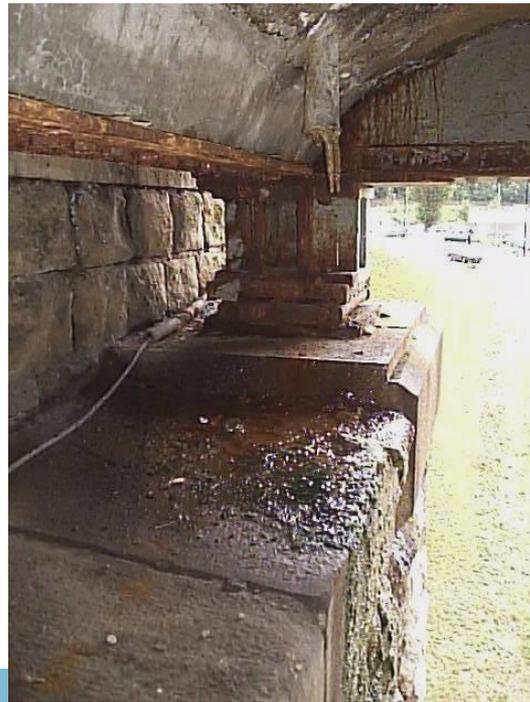


*Nouveau pont (1978) –
Photo CG54*

L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)



Ancien pont (1978) – Photo CG54

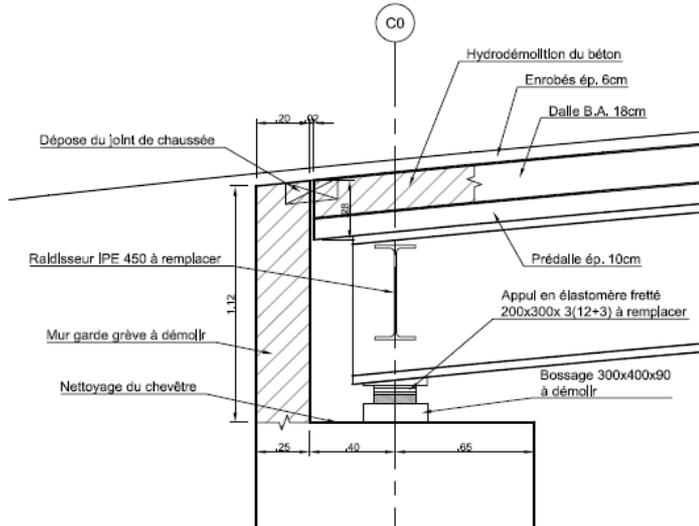
L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)

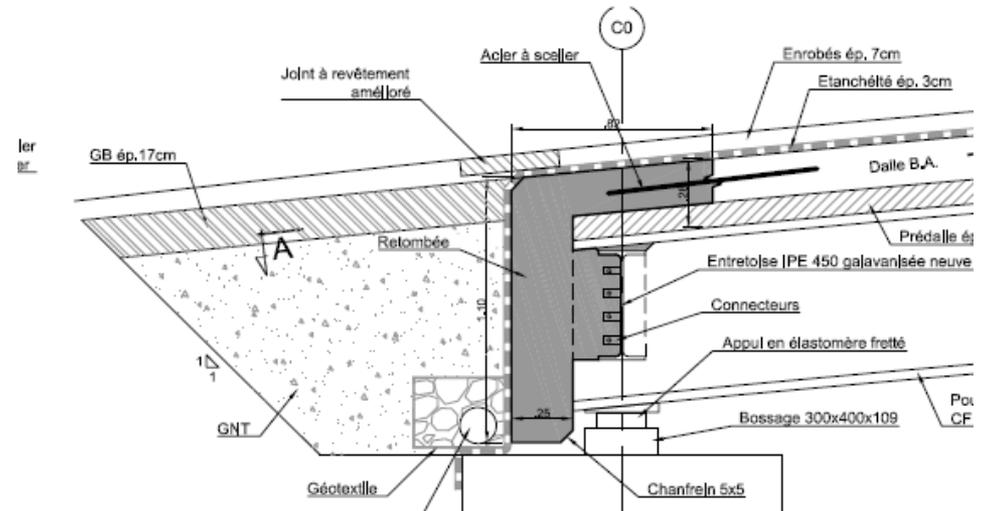
- DETAIL SUR CULEES -

Ech: 1/20



- DETAIL SUR CULEES -

Ech: 1/20



L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)



L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)



L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)



L'exemple des ponts intégraux

Conclusions

- Exemple de retrofitting : ponts de Briey (54)
 - Coût de la transformation en pont semi-intégral : $\approx 20\,000\text{€}$ HT sur un montant total de $\approx 400\,000\text{€}$, soit $\approx 5\%$



Merci de votre participation

Philippe.jandin@cerema.fr

Pour en savoir plus : groupe de travail sur
ce thème