



**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Méditerranée

# Gestion patrimoniale des ouvrages d'art

**Mardi 23 septembre 2014**

Journée technique sous l'égide de la CoTITA

# Gestion patrimoniale des ouvrages d'art

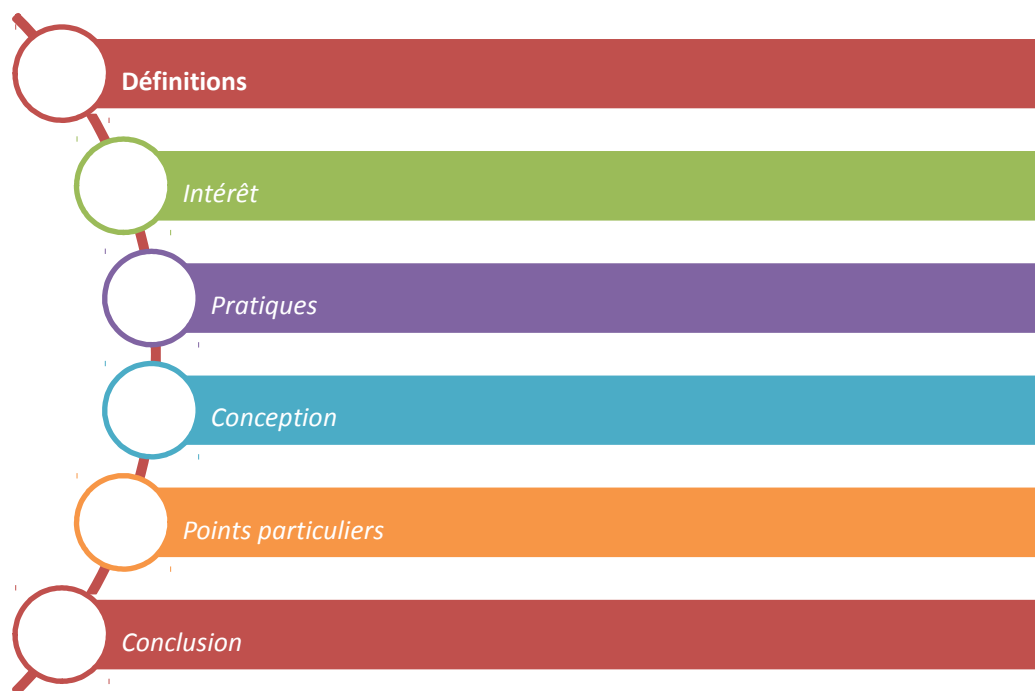
**Mardi 23 septembre 2014**

Journée technique sous l'égide de la CoTITA

Philippe JANDIN – Directeur de projets – CTOA/DGOI

# L'exemple des ponts intégraux

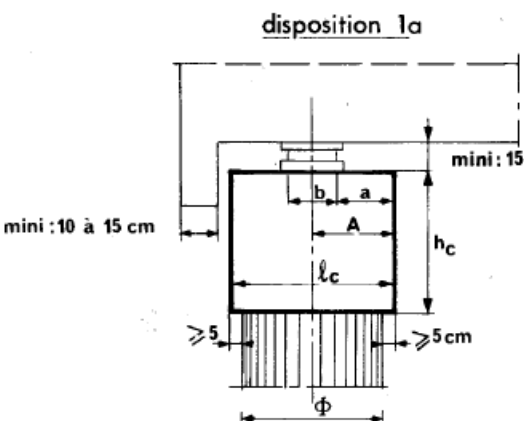
Sommaire :



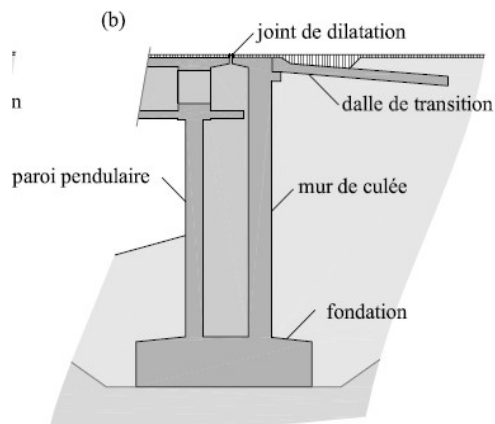
# L'exemple des ponts intégraux

## Définitions

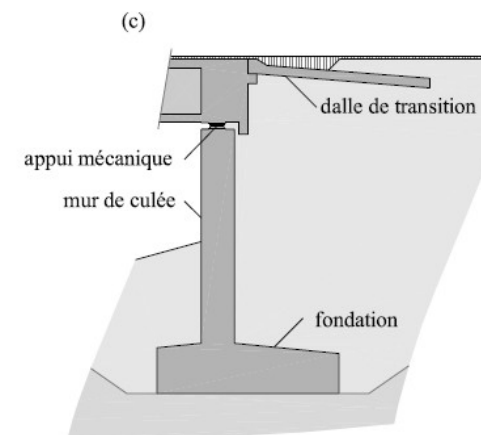
- Ponts semi-intégraux :
  - suppression des appareils d'appui **ou**
  - suppression des joints de dilatation



Dossier PP73 + JADE68 (joint léger)



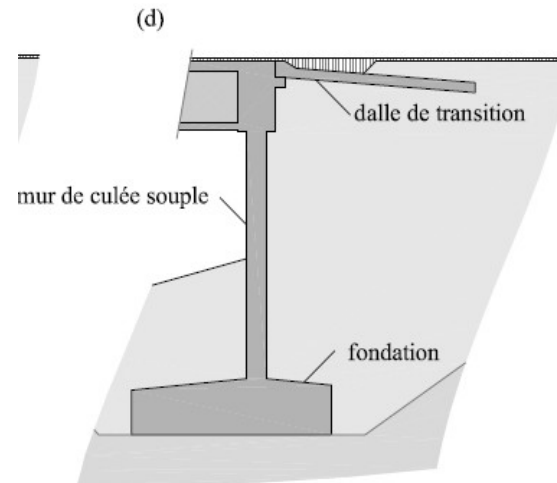
Source : OFROU – Thèse n°4880 D. DREIER (2010)



# 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 cout 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

- 1ers 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

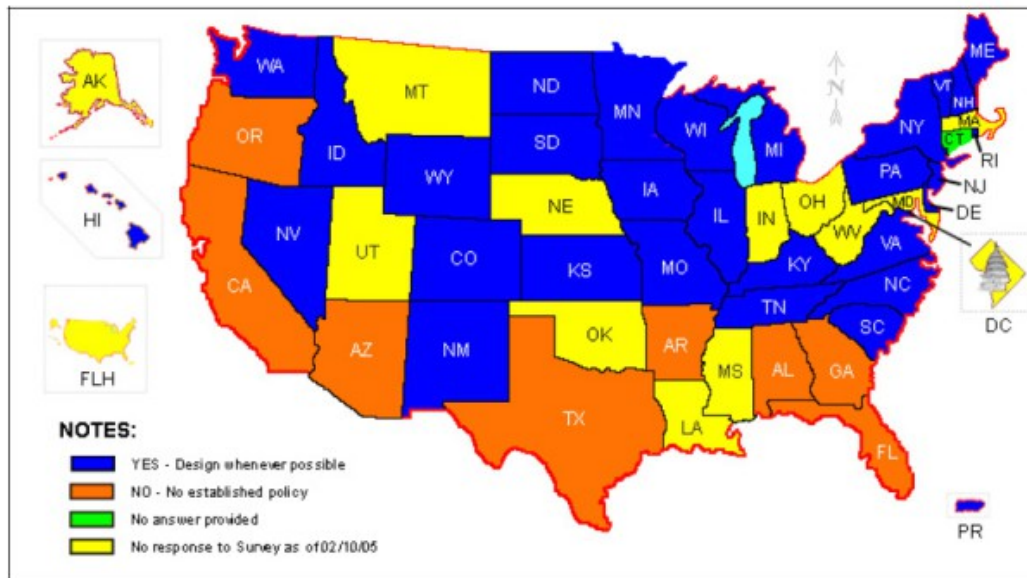
- 1ers ponts dès les années 1920 (Colorado)
- Années 30/40 : Massachusets, Kansas, Ohio, Oregon, Pennsylvanie, Dakota du Sud
- Années 50 : Californie, Nouveau-Mexique et Wyoming
- Années 50/60 : Minnesota, Tennessee, Dakota du Nord, Iowa, Wisconsin et Washington



# L'exemple des ponts intégraux

## Les pratiques aux USA

- 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

- Evolution du nombre d'Etats

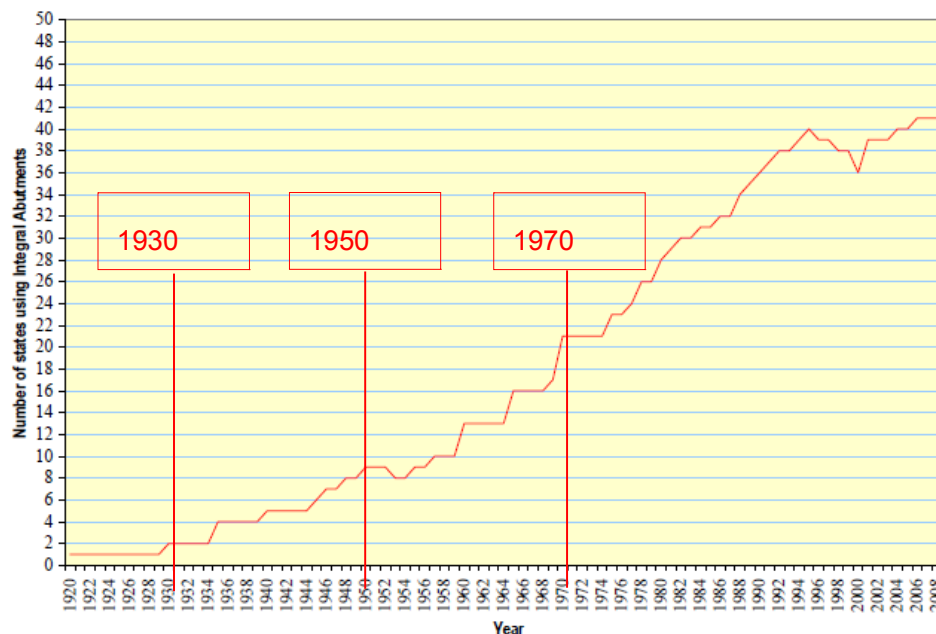


Fig. 1. Evolution of integral abutment bridges in the United States

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

- Domaine d'emploi

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

<i>Department of Transportation</i>	<i>Maximum length</i>	
	<i>Composite bridges [m]</i>	<i>Concrete bridges [m]</i>
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 – 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<sup>①</sup> :
  - 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°

<sup>①</sup> : Section 4.11 New-Zealand's Bridge Manual

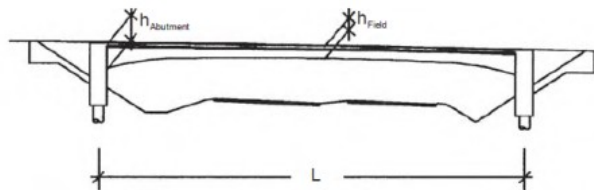
# L'exemple des ponts intégraux

## 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
<b>Road Bridges</b>			
Concrete	12-18	20-25	18-21
Prestressed Concrete	15-19	24-30	20-25
Composite	15-19	25-35	21-25
<b>Railway Bridges</b>			
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

- 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 biaisées*

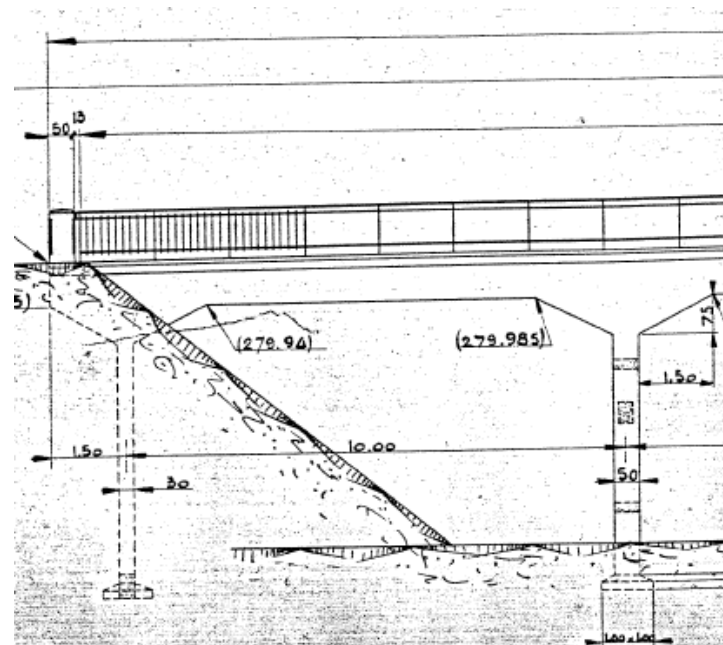
# L'exemple des ponts intégraux

## Les pratiques en France

- Ponts-type SNCF :

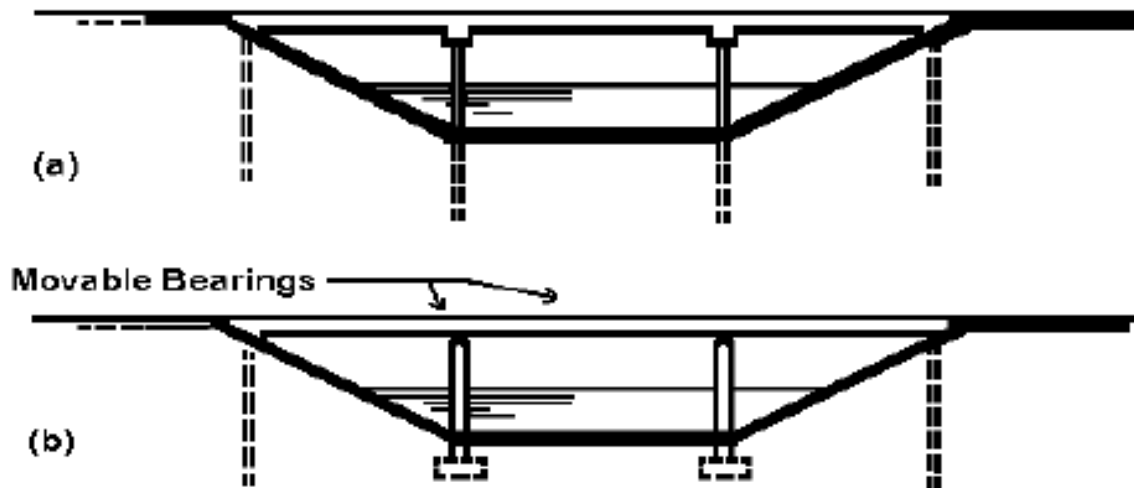


Pont de Méhoncourt sur RD9 – Ligne Nancy-Belfort – 1938 – Photo CG54



# L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (USA)

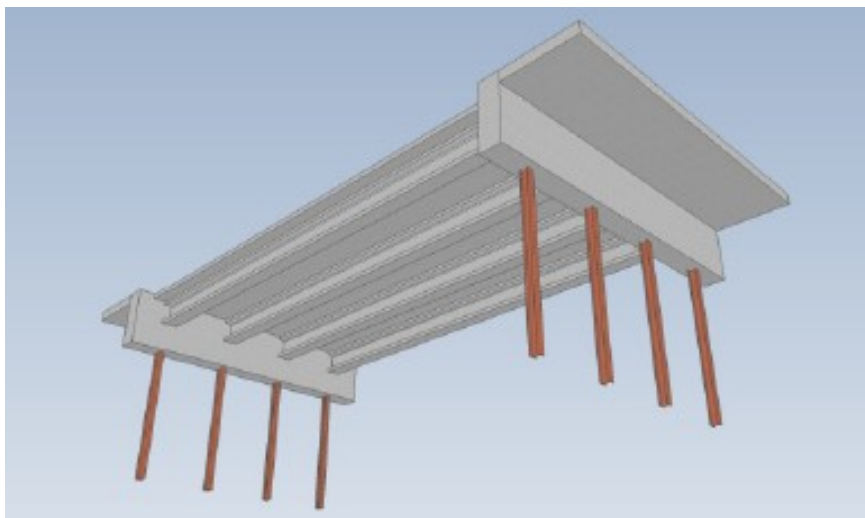


*Integral And Jointless Bridges – FHWA Conference 2005*

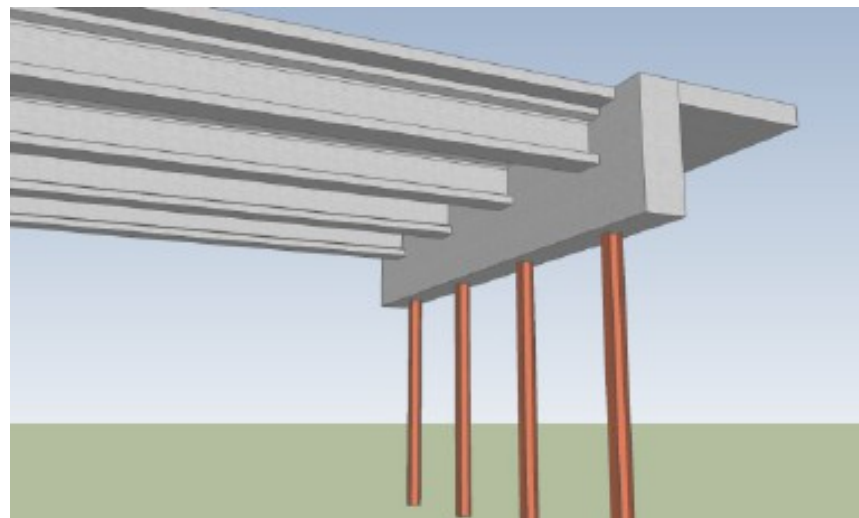


# L'exemple des ponts intégraux

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)

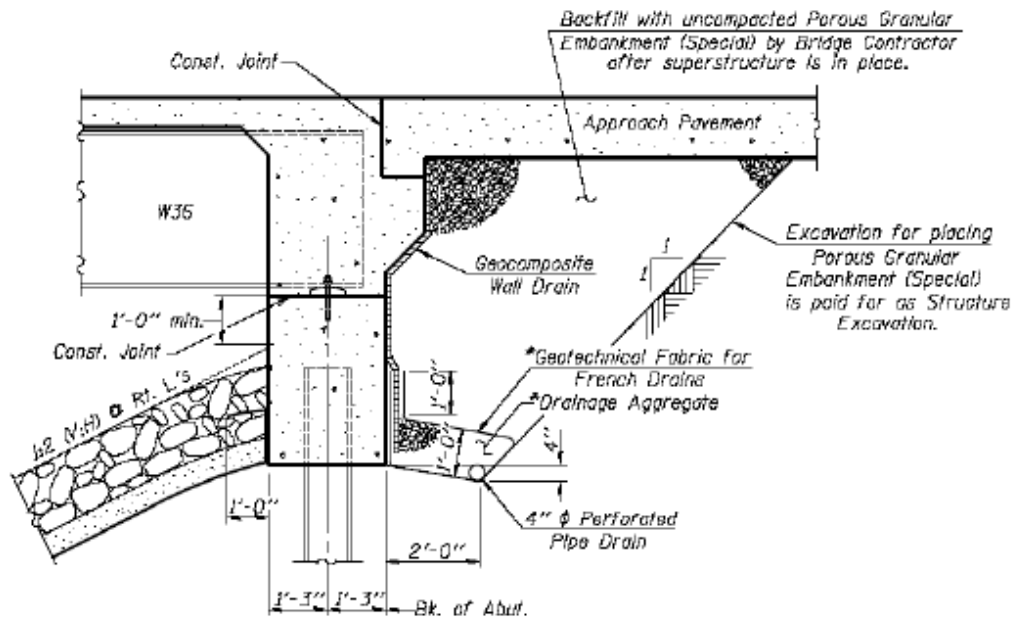


Figure 1. Typical integral abutment detail used by IDOT.

Principe de conception US : Illinois - 2009

# L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (USA)

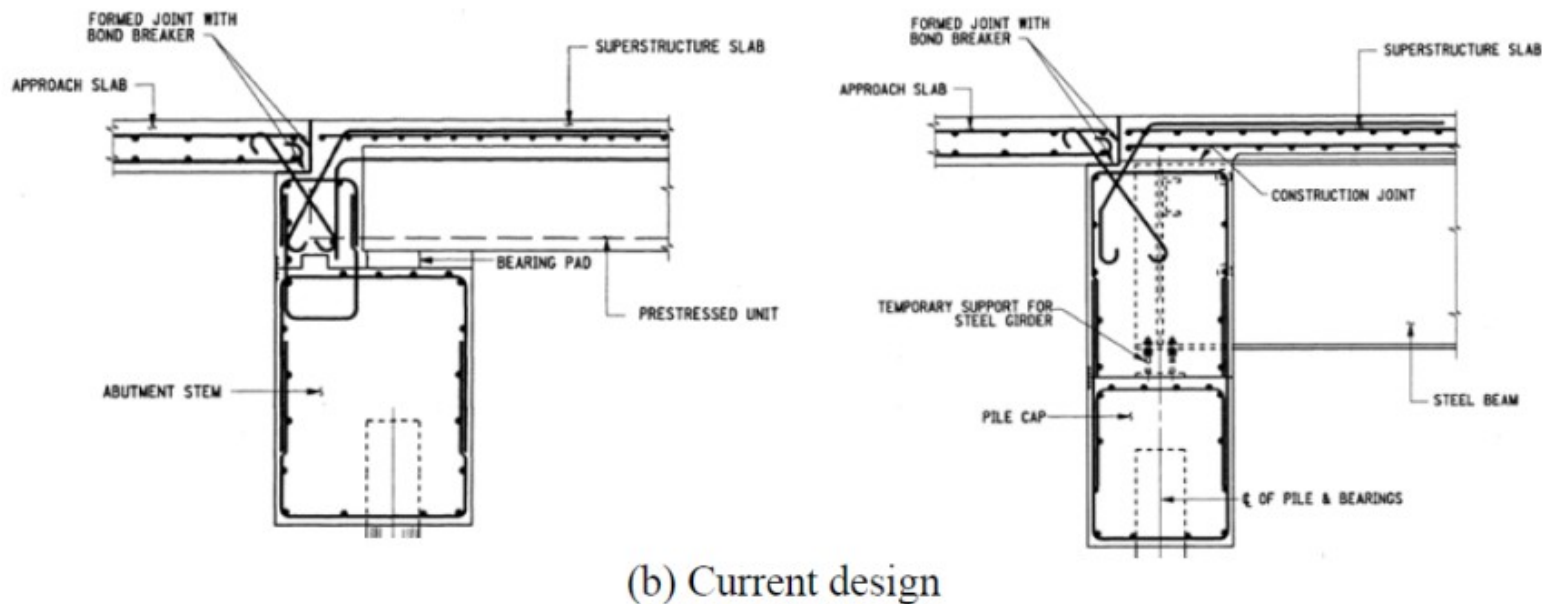


Figure 2-8. NYDOT integral abutment details

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)

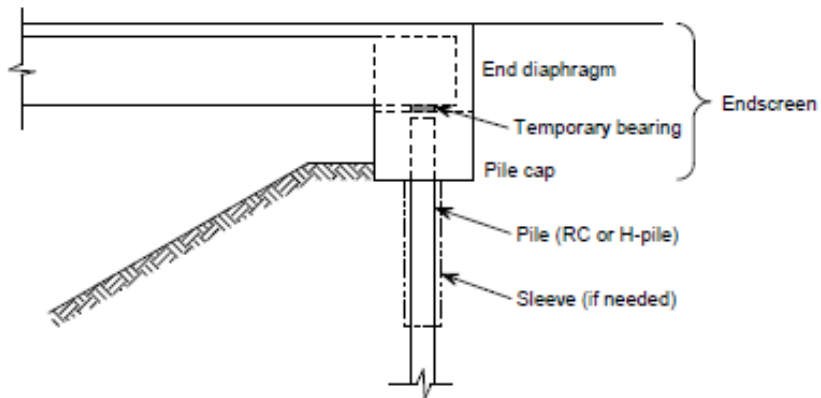


Figure 2.21 Framed integral abutment - with normal earth slope

Source : Composite Highway Bridge Design - Steelbiz

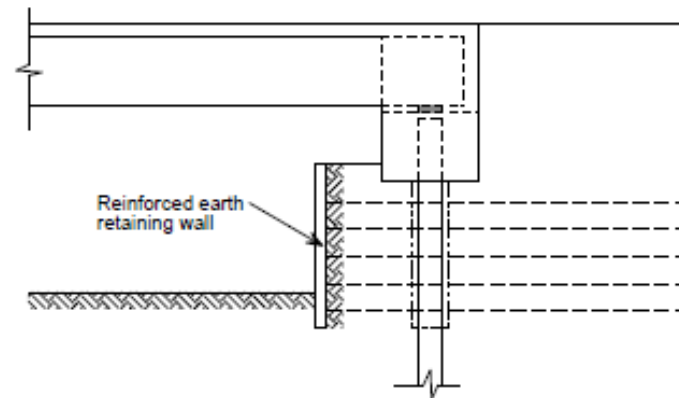


Figure 2.22 Framed abutment – with reinforced earth retaining wall



# 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

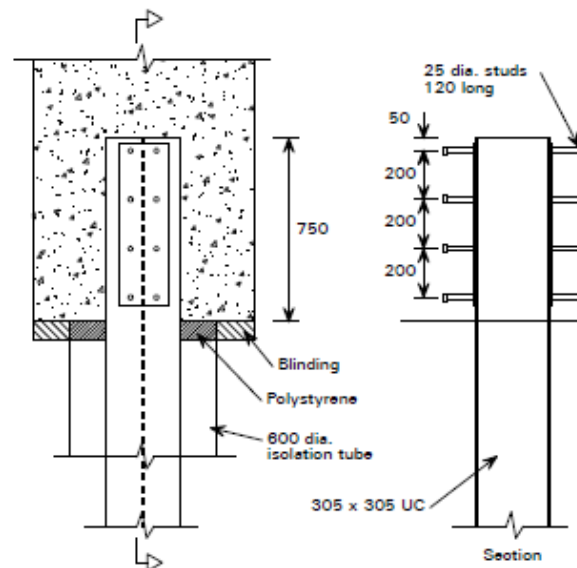


Figure 9.5 Shear connection at the top of an H pile



# L'exemple des ponts intégraux

La conception : École anglo-saxonne (UK)

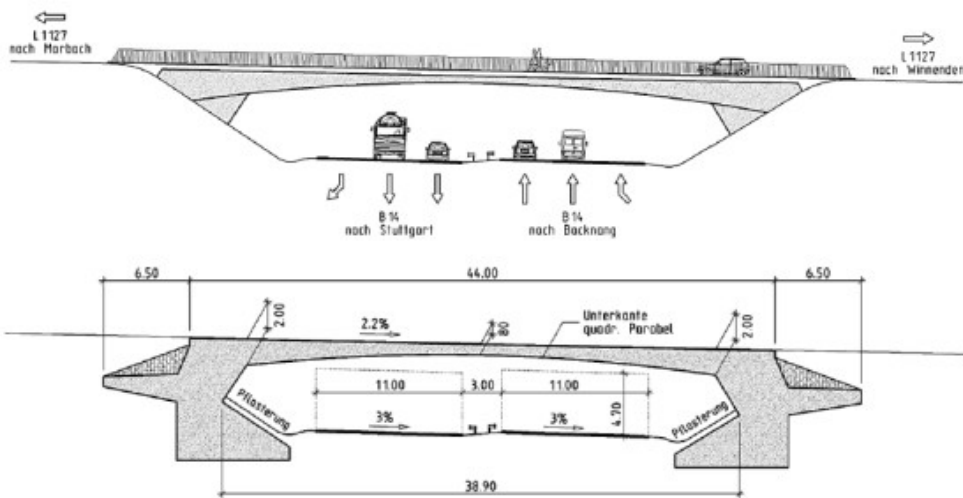


*(Photos by courtesy of Atkins)*

Source : Composite Highway Bridge Design - Steelbiz

# L'exemple des ponts intégraux

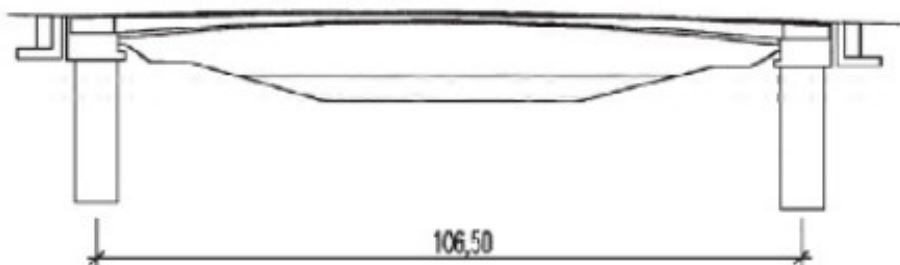
## La conception : l'Allemagne



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

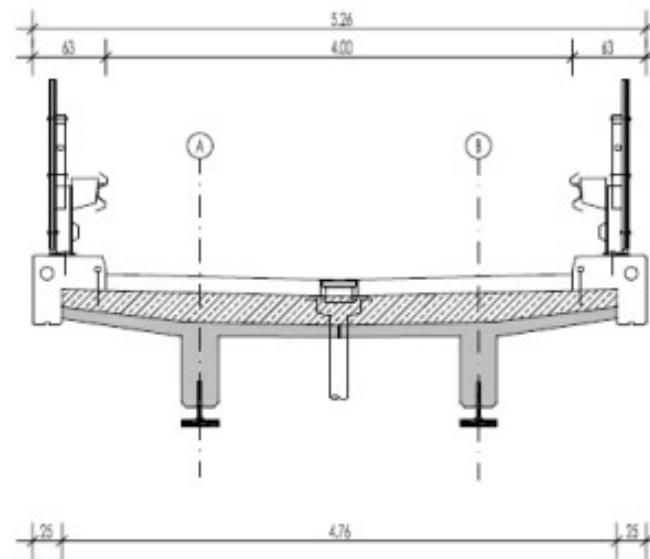


# L'exemple des ponts intégraux

## La conception : l'Autriche



Pont de Vigaun (Autriche) – 3 travées de 26m 15 Long 79m



SSF Ingenieure AG / Florian Schreiber Fotografie

# L'exemple des ponts intégraux

## La conception : l'Autriche



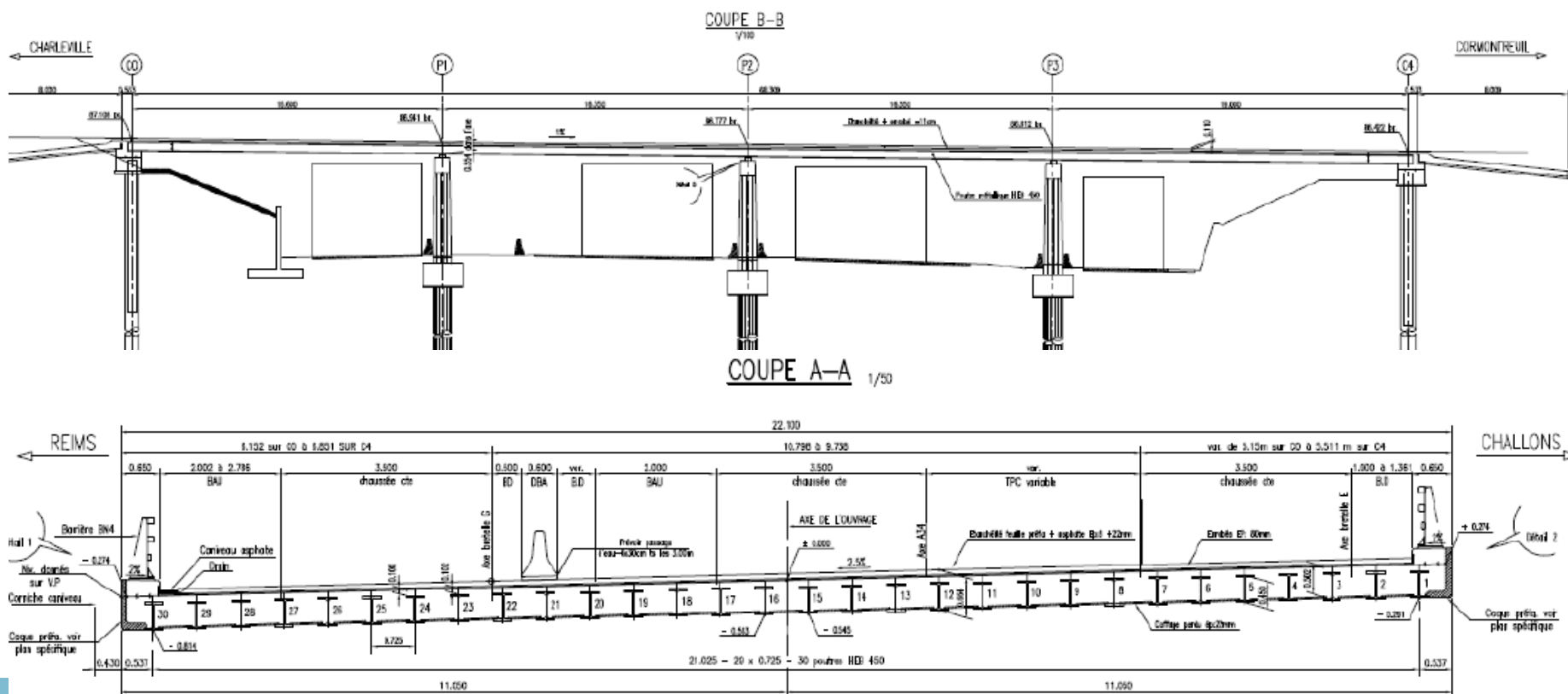
*Pont de Vigaun (Autriche) – 3 travées de 26m 15  
Long 79m*



*SSF Ingenieure AG / Florian Schreiber  
Fotografie*

# L'exemple des ponts intégraux

## La conception : La France

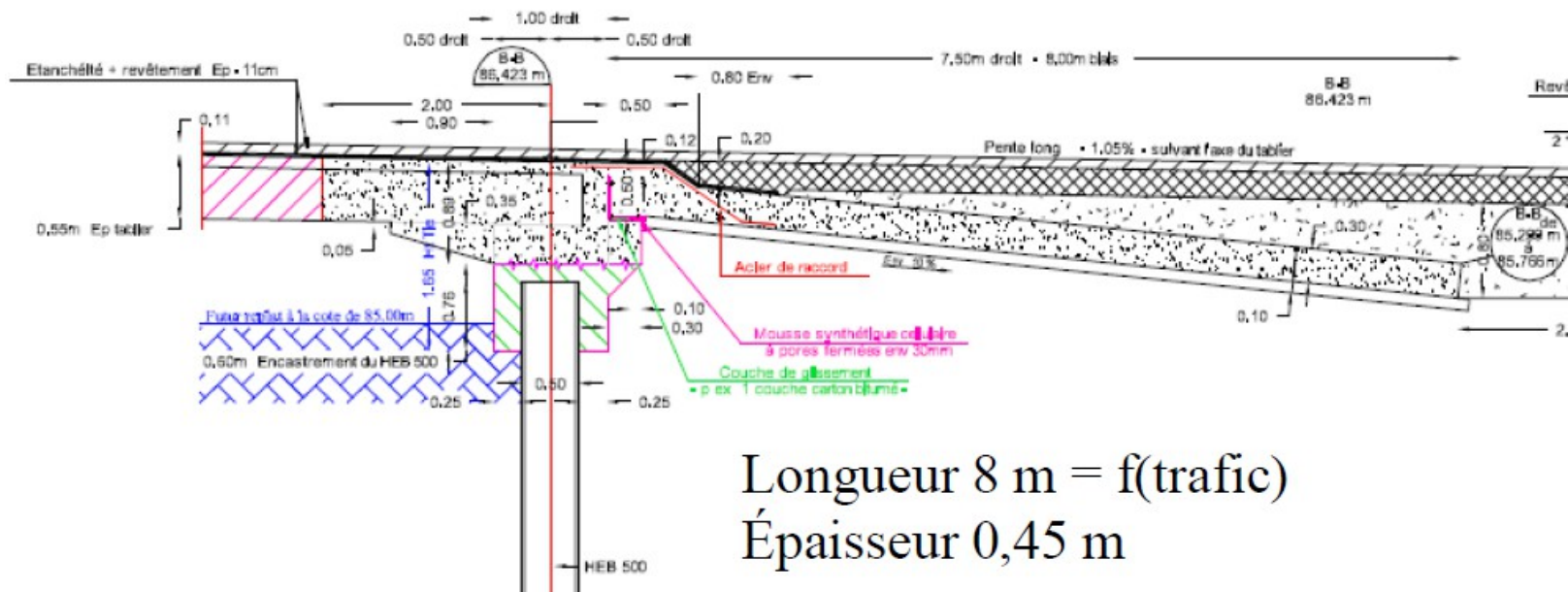




# L'exemple des ponts intégraux

La conception : La France

- Pont de Cormontreuil sur échangeur A4/A34



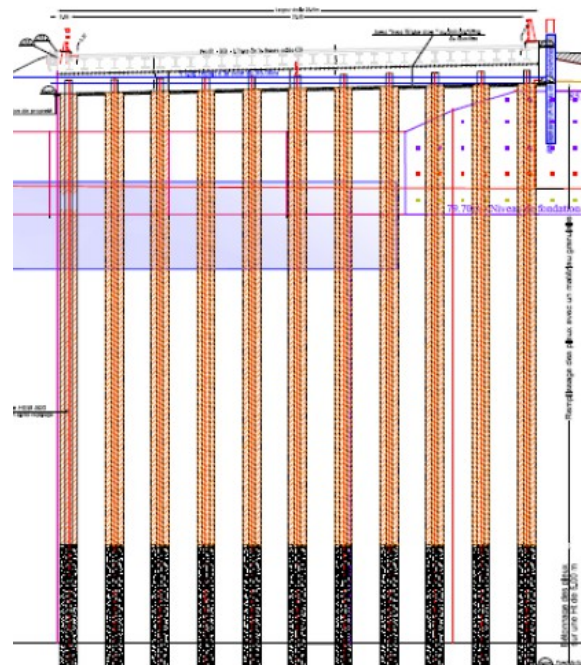


# L'exemple des ponts intégraux

## La conception : La France

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

Longueur des pieux = 25m

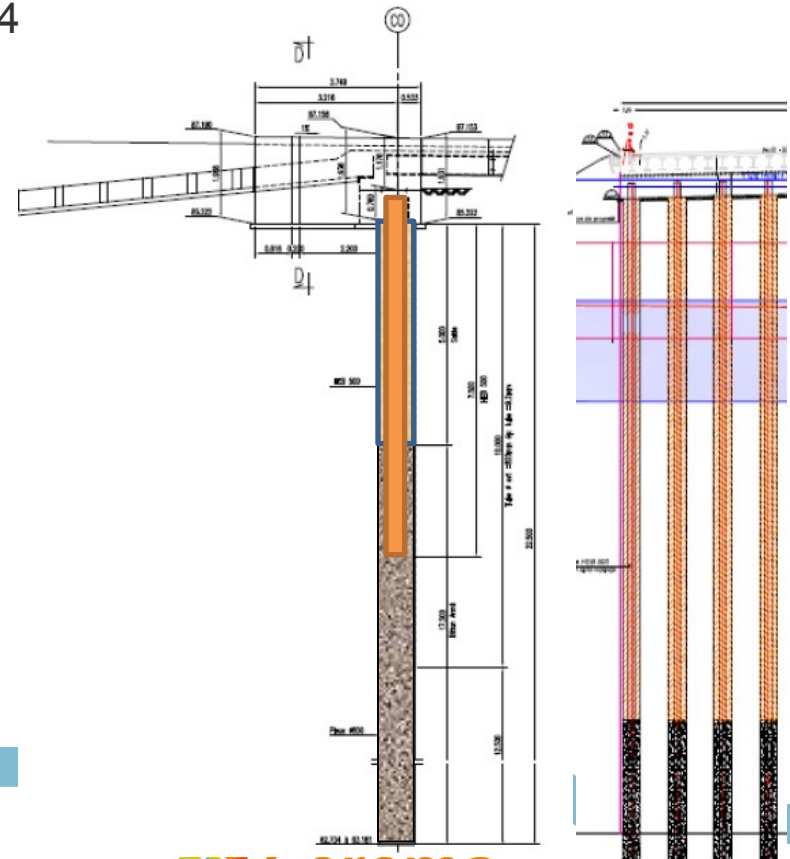


# L'exemple des ponts intégraux

## 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

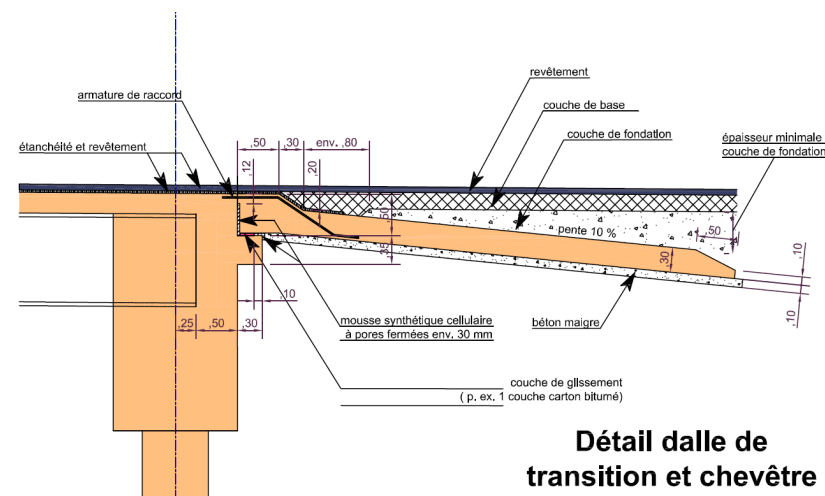
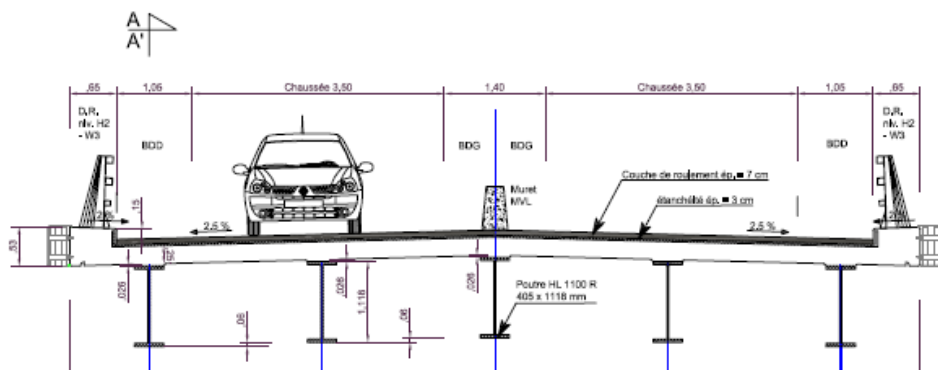
- Projet pont du Bosc sur A75



# L'exemple des ponts intégraux

## La conception : La France

- Projet pont du Bosc sur A75



# L'exemple des ponts intégraux

## La conception : La France

- Projet pont du Bosc sur A75



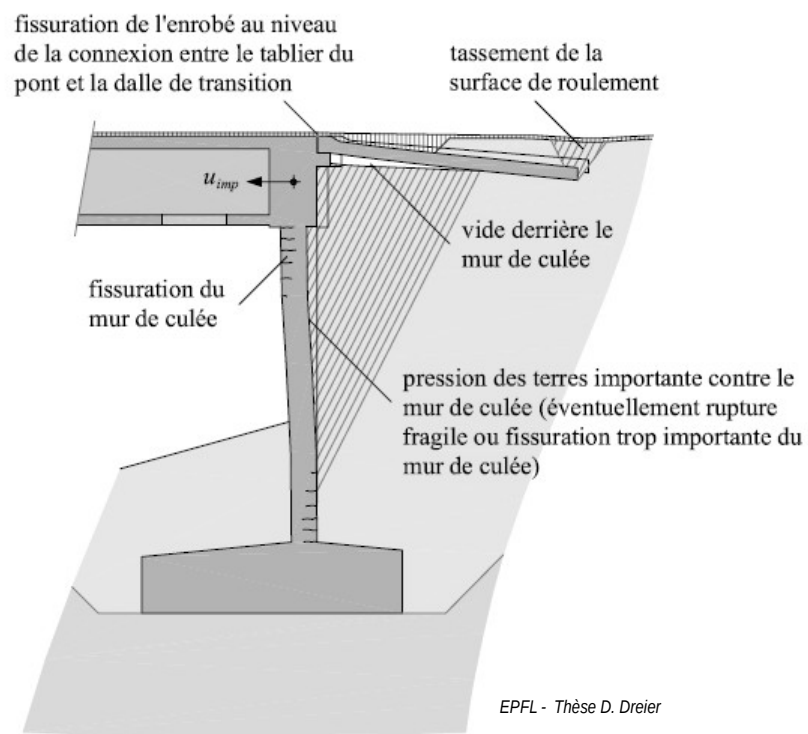
Photo : SIR 34 – Passage à grande faune au dessus de l'A8 à Brignoles





# L'exemple des ponts intégraux

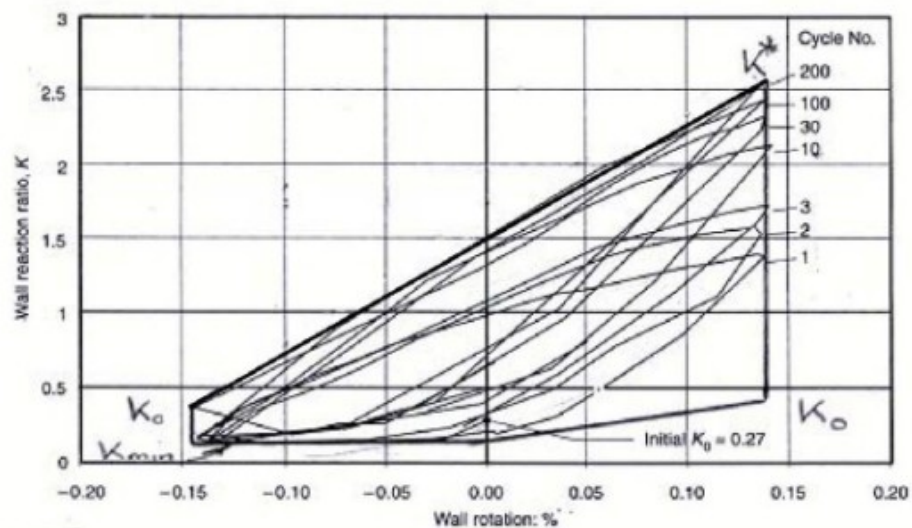
## Points particuliers



# L'exemple des ponts intégraux

## Points particuliers

- Interaction sol/structure



Augmentation de la pression  $\sigma_H$  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<sup>(12)</sup>.

# L'exemple des ponts intégraux

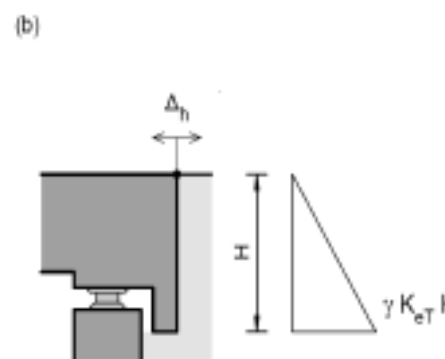
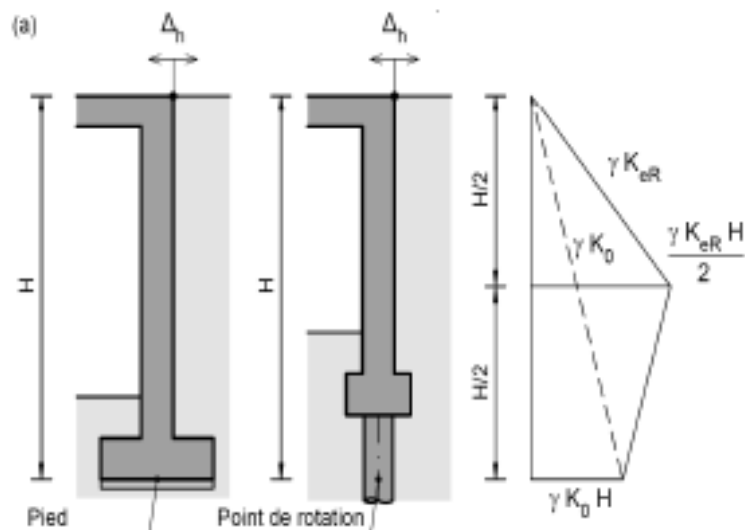
## Points particuliers

- Interaction sol/structure

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

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

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 Suisse de l'OFROU C03

Directive Edition 2011 V1.00

**Détails de construction de ponts**

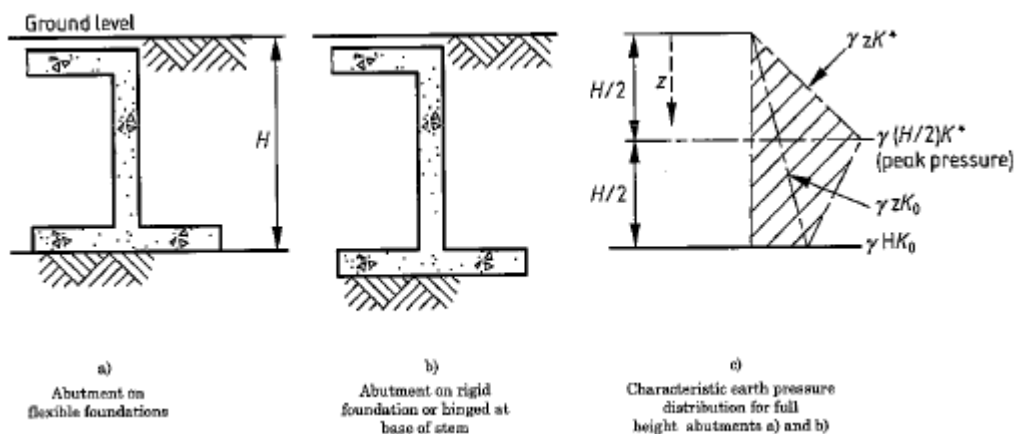
- Chapitre 0 Introduction
- Chapitre 1 Appareils d'appui
- Chapitre 2 Joints de chaussée
  - Calcul des mouvements aux appareils d'appui et aux joints de chaussée, Exemple
- Chapitre 3 Extrémités de ponts**
- Chapitre 4 Bordure de pont et terre-plein central
- Chapitre 5 Elanchetés et revêtements
- Chapitre 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



$$K_d^* = K_0 + \left( \frac{Cd'_d}{H} \right)^{0,6} K_{p;t}$$

Structures travaillant en rotation et translation

$$K_d^* = K_0 + \left( \frac{40d'_d}{H} \right)^{0,4} K_{p;t}$$

Structures travaillant en translation

Recommandations anglaises PD6694-1:2011

# L'exemple des ponts intégraux

## Points particuliers

- Interaction sol/structure

### *Coefficients de poussée*

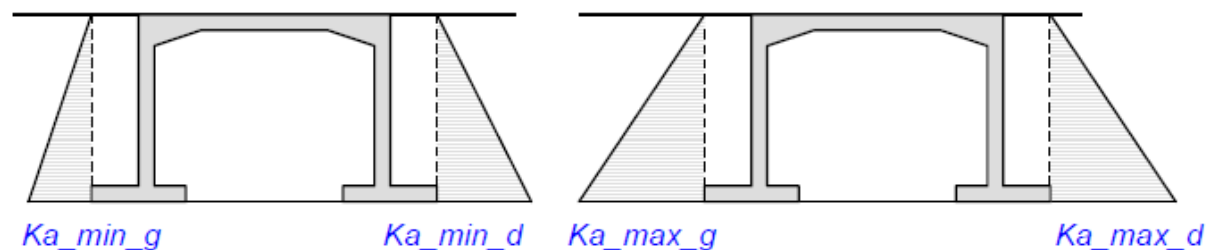


Figure 25 – Poussée des terres

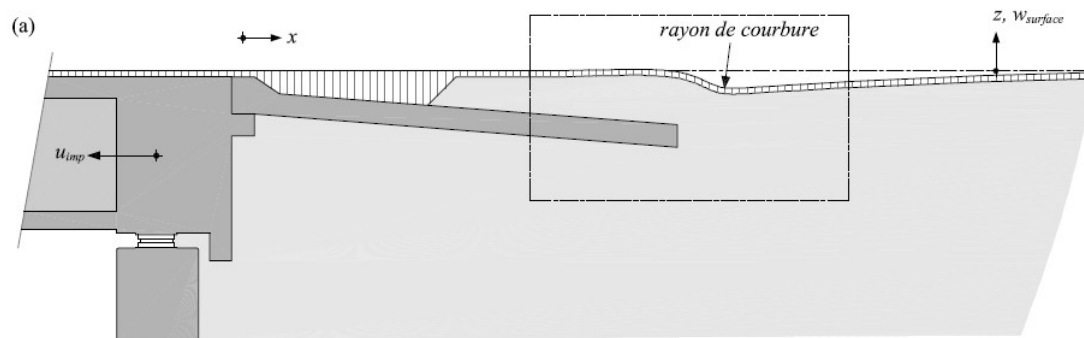
**Données (dissymétriques uniquement en option avancée) :**

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

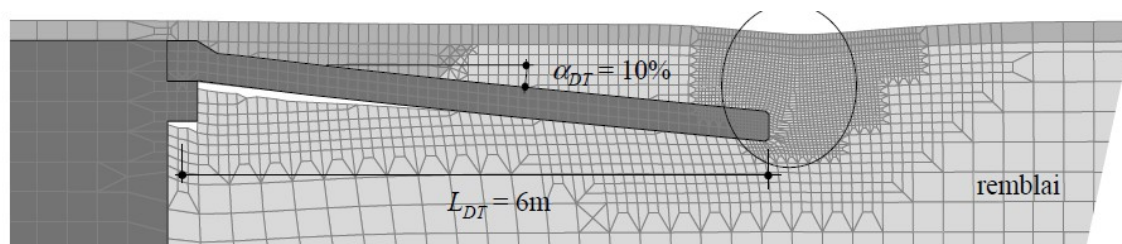
# L'exemple des ponts intégraux

## Points particuliers

- Fissuration en about d'ouvrage



EPFL - Thèse D. Dreier

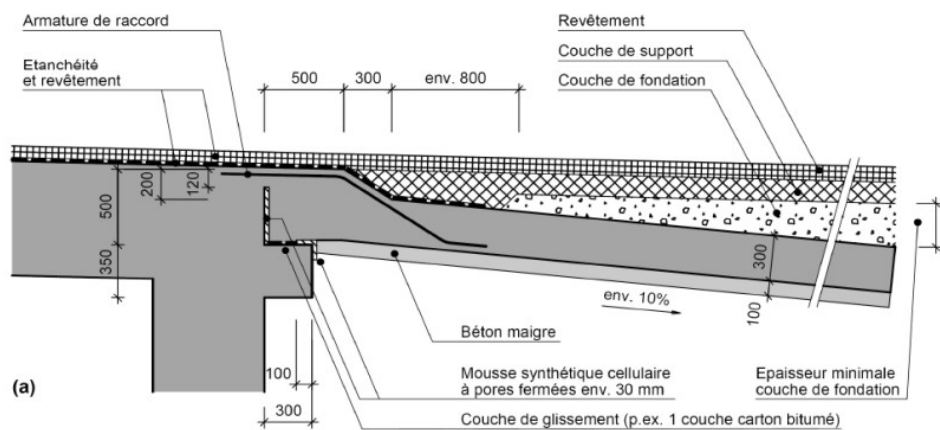


Pont D570.121 sur RD674 : 2 travées de 12m env. – pont courbe sur giratoire

# L'exemple des ponts intégraux

## Points particuliers

- Fissuration en about d'ouvrage



Dalle de transition Suisse - EPFL - Thèse D. Dreier

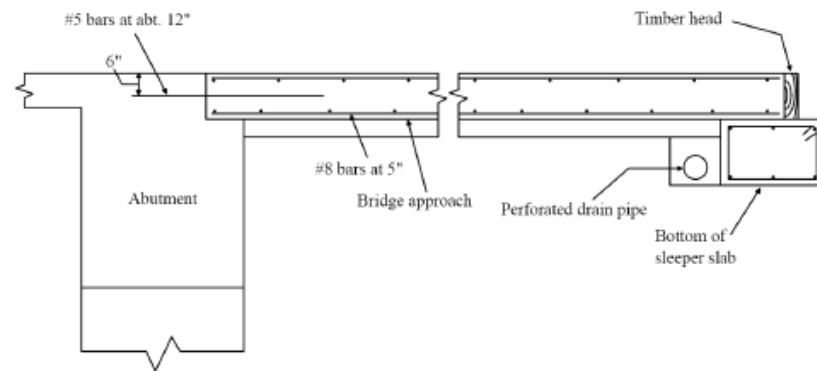


Figure 49 – Bridge Approach Connected to Bridge Deck (Missouri DOT, 2003)

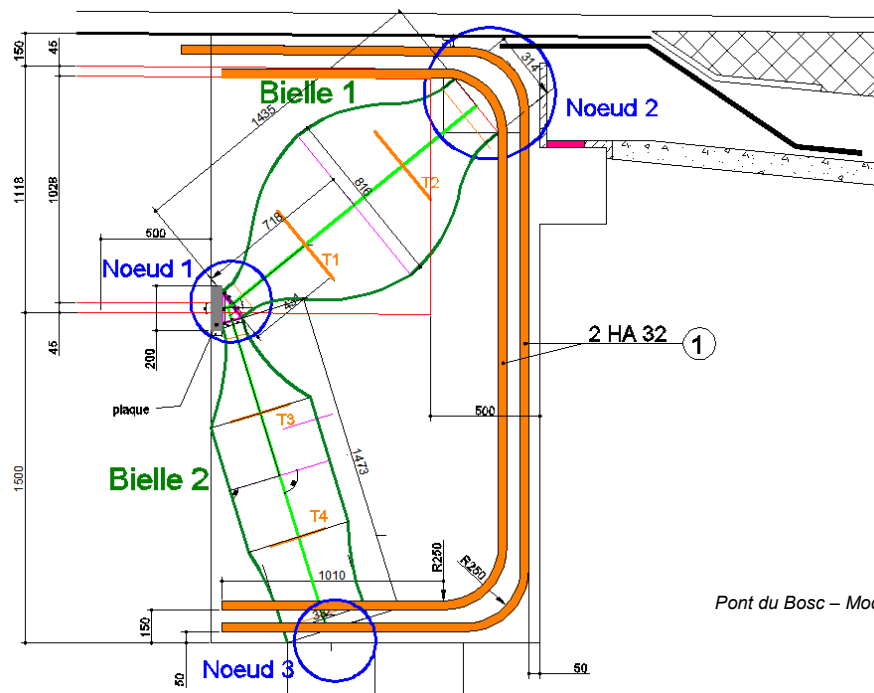
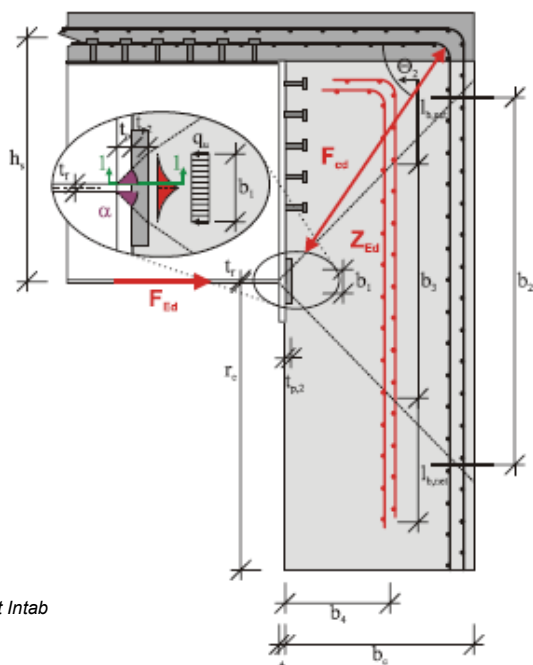
Dalle d'approche USA



# L'exemple des ponts intégraux

## Points particuliers

- Nœud d'encastrement

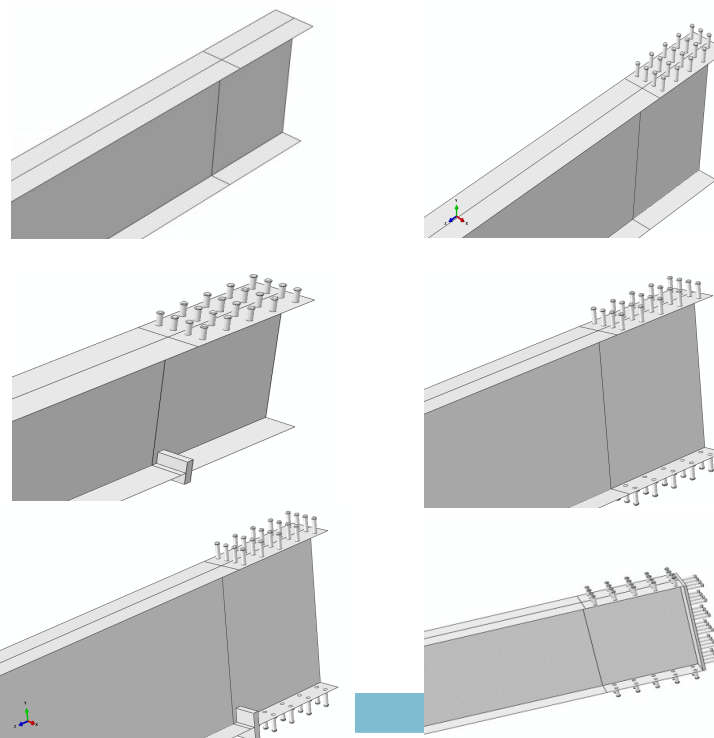
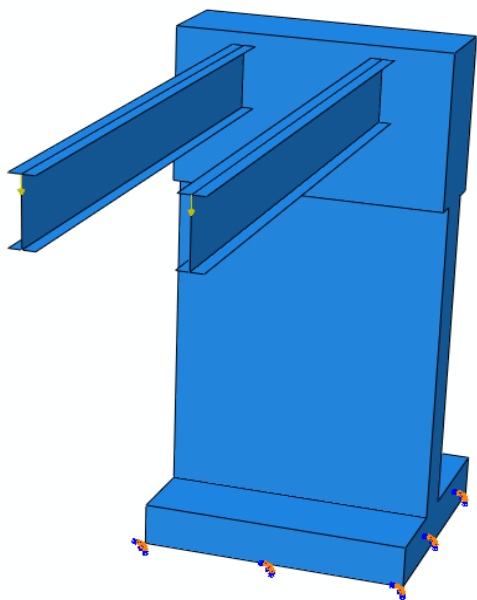


Rapport Intab

# L'exemple des ponts intégraux

## Points particuliers

- Nœud d'encastrement



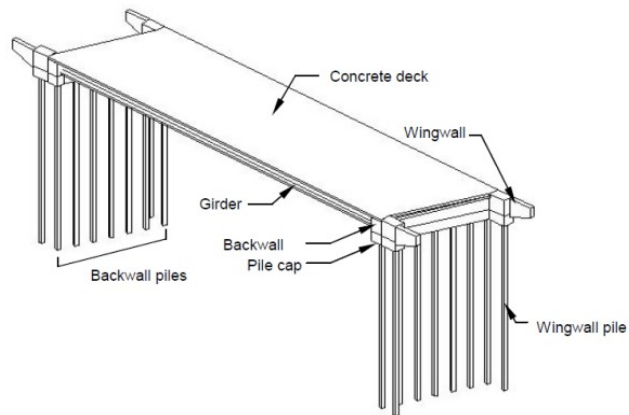
Master de Said Belushi –  
Université de Lorraine (2013)

# 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





**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Méditerranée

## Merci de votre participation

[Philippe.jandin@cerema.fr](mailto:Philippe.jandin@cerema.fr)

Pour en savoir plus : groupe de travail sur ce thème