



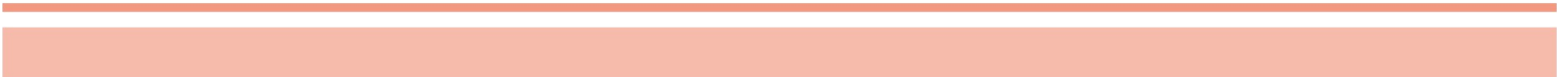
TRANSFORMATION D'EXTREMITES D'OUVRAGES EN CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

SOMMAIRE

- Contexte
- Définitions
- Principes de conception
- Exemples d'adaptation d'ouvrages existants



CONTEXTE



CONTEXTE

- Le recours à des conceptions intégrales et semi-intégrales en ouvrage neuf ou en adaptation d'ouvrages existants demeure encore très limité en France.
- Si les ponts cadres, portiques simples ou doubles constituent des ponts intégraux largement répandus sur le territoire depuis les années 1960 et si le dossier pilote PP73 (Piles et Palées de 1973) abordait la conception semi-intégrale, il convient de reconnaître qu'il n'existe pas de doctrine suffisamment structurée favorisant le développement de ces conceptions.
- Ces deux principes de conception offrent pourtant de nombreux avantages en terme d'entretien en réduisant ou supprimant notamment le besoin en maintenance des joints de dilatation, des appareils d'appui et des abouts d'ouvrage.

CONTEXTE

- La maintenance des joints de chaussées plusieurs fois au cours du cycle de vie de l'ouvrage nécessite la mise en place de chantiers relativement coûteux sur le long terme et particulièrement impactant vis-à-vis de l'exploitation des itinéraires à fort trafic. Les conditions de réalisations imposées (travail de nuit, délais d'intervention très courts, phasage par demi-chaussée...) nuisent grandement à la durabilité de ces travaux de réparation.

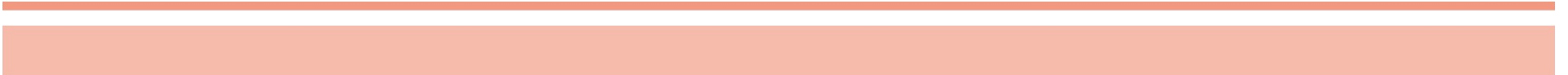
- Par ailleurs, la défaillance souvent constatée de l'étanchéité des joints de chaussée peut entraîner de graves désordres sur les structures sous-jacentes :
 - ✓ corrosion des appareils d'appui métalliques avec altération de leur fonctionnement,
 - ✓ corrosion des structures métalliques du tablier avec cas constatés de corrosion ultime d'âme de poutres,
 - ✓ corrosion des armatures de béton armé des tabliers et des appuis en béton,
 - ✓ ruissellements d'eau chargée en chlorures à proximité des ancrages en about des dalles précontraintes,....

CONTEXTE

- Il apparaît pertinent, pour de nouvelles constructions ou à la faveur d'une réparation, d'envisager la suppression des joints de chaussée en optant pour une conception intégrale (souvent techniquement envisageable uniquement dans le cas de nouvelles constructions) ou semi-intégrale.
- Le surcoût lié à ces conceptions est pratiquement négligeable pour une conception neuve et l'on peut estimer qu'il est limité à hauteur de 5 à 10 % dans le cas de l'adaptation d'un ouvrage existant.



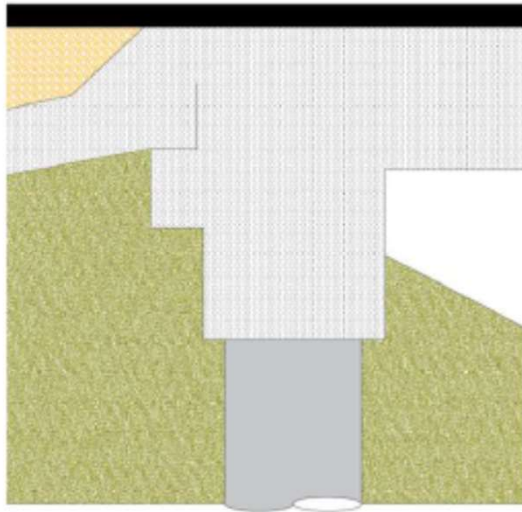
DÉFINITION



DEFINITION

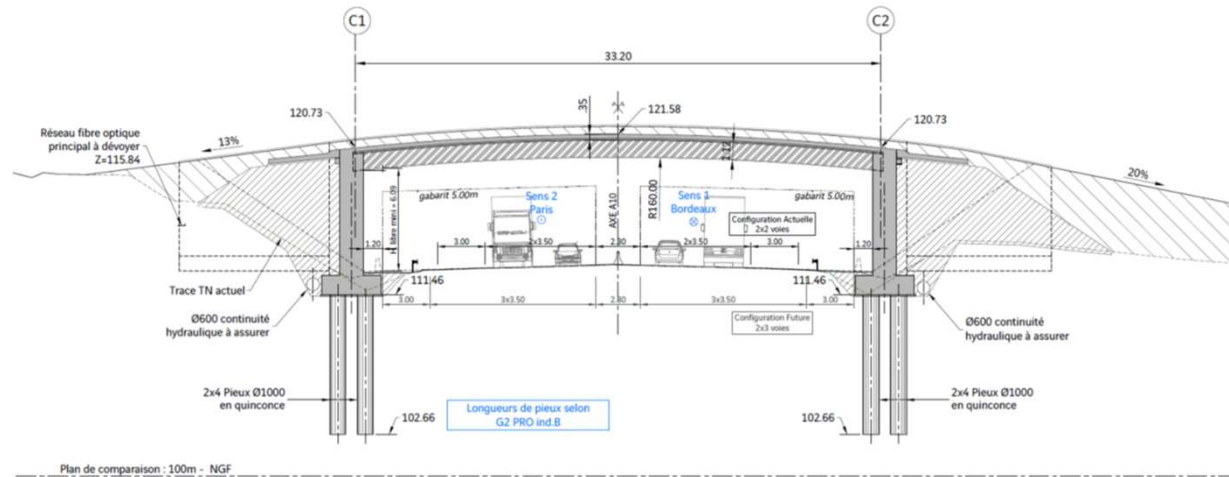
➤ PONT INTEGRAL

Pont dont les extrémités ne présentent ni joints de chaussée ni appareils d'appui. La structure du tablier est liée à la culée de manière monolithique. Pour ce type de pont, la structure du tablier est le plus souvent liée de façon monolithique aux appuis intermédiaires lorsqu'ils existent



DEFINITION

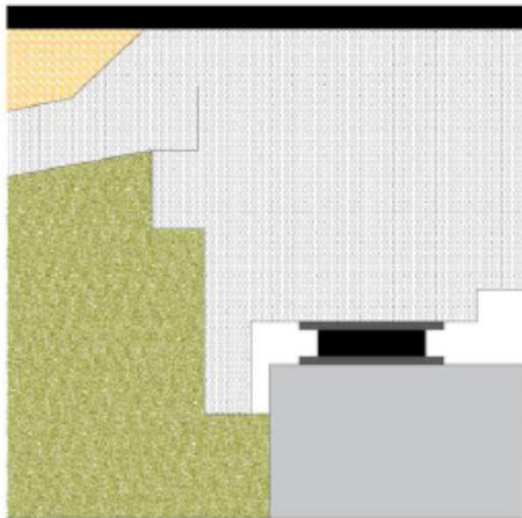
➤ PONT INTEGRAL



DEFINITION

➤ PONT SEMI-INTEGRAL

Pont dont les extrémités ne présentent pas de joints de chaussée. Pour ce type de pont, la structure du tablier repose le plus souvent sur les appuis intermédiaires lorsqu'ils existent par l'intermédiaire d'appareil d'appui



DEFINITION

➤ PONT SEMI-INTEGRAL



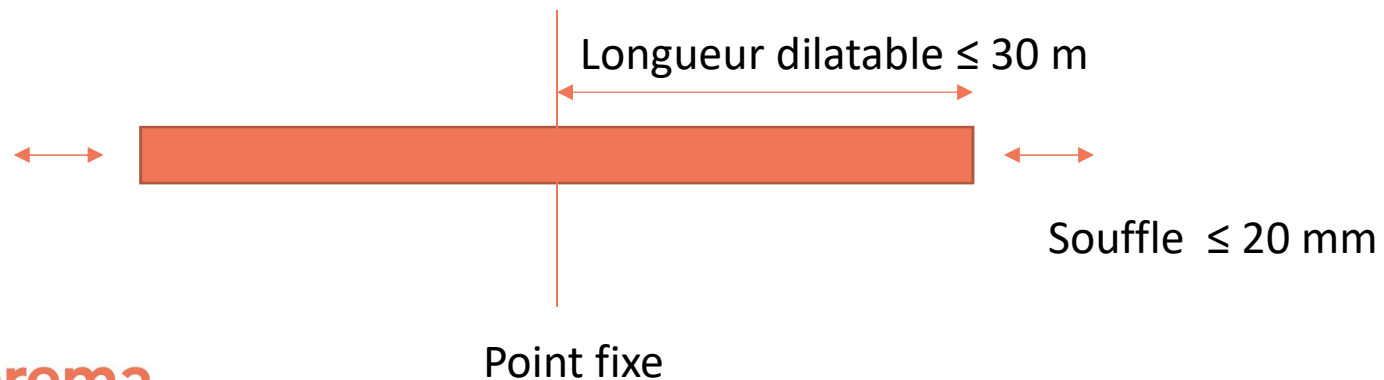
> PRINCIPES DE LA CONCEPTION SEMI-INTEGRALE



PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

- ✓ Les structures existantes peuvent faire l'objet d'une adaptation semi-intégrale de leurs extrémités.
- ✓ Les ouvrages visés couvrent une large gamme de tabliers (pont dalle pleine en béton, pont à dalle nervurée en béton, pont à poutres en béton et pont mixte à poutres métalliques sous chaussée, pont à poutrelles enrobées...).
- ✓ Une telle adaptation est envisageable pour des tabliers dont **les souffles maximaux sont de l'ordre de 20 mm** dans le cas général (amplitude des déplacements des extrémités du tablier). Ceci correspond à des **longueurs dilatables** (distance entre l'extrémité et le point fixe) qui restent modérées mais peuvent néanmoins atteindre couramment **30 m**.

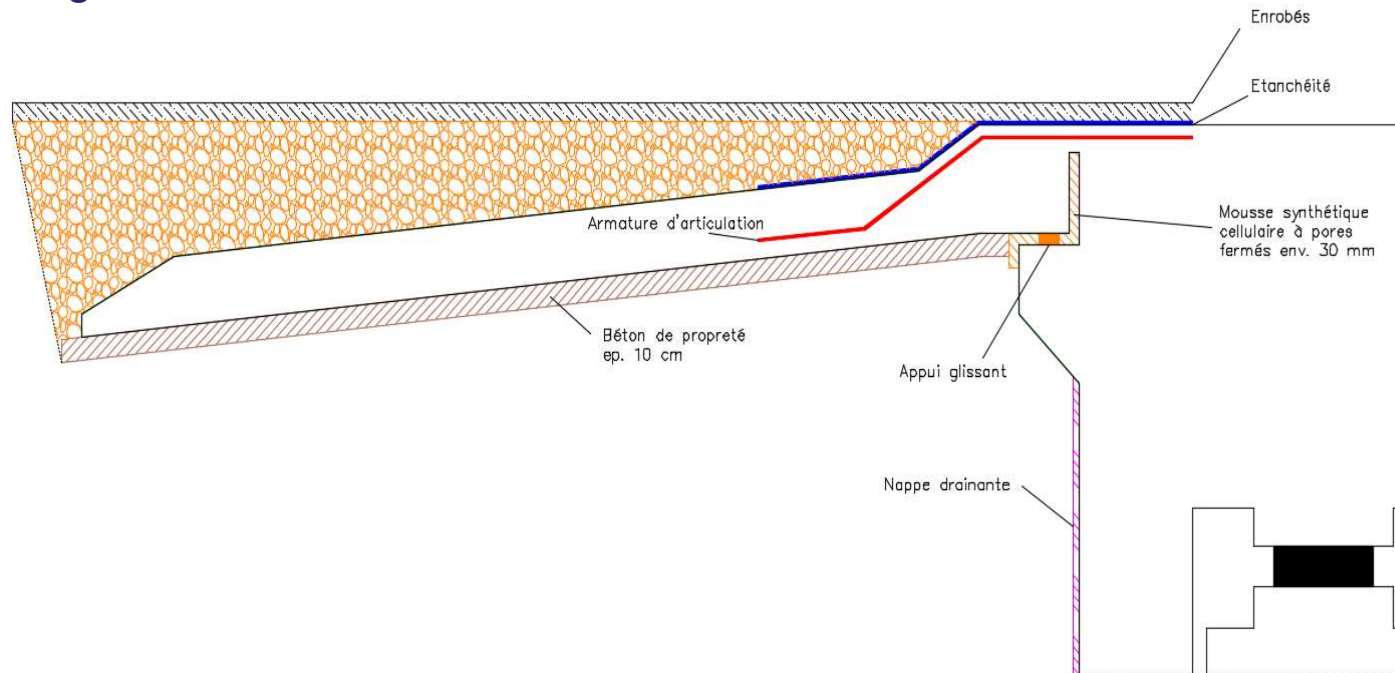


PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ La conception semi-intégrale est caractérisée par :

- La géométrie de la dalle de transition ;
- Le principe de retombée de dalle ou de mur garde-grève assurant la reprise de la poussée des terres ;
- La nature des appareils d'appui ;
- La géométrie des murs.



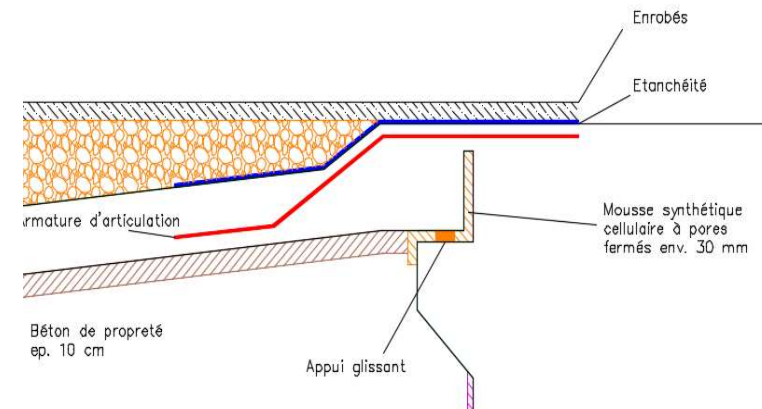
PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Dalle de transition

- Généralement requise pour les ouvrages routiers fortement circulés
- Dans le cas où une dalle de transition est prévue dans la conception semi-intégrale, la retombée de dalle comporte un corbeau sur lequel vient s'appuyer la dalle de transition.
- Cette dernière est articulée sur l'extrémité du tablier (et pas sur le corbeau comme dans le cas des dalles de transition classiques) dans le but de permettre une rotation relative entre le tablier et la dalle de transition.

- Les joints horizontaux et verticaux ménagés entre la dalle de transition et le tablier ont une épaisseur de 5 cm et sont constitués de polystyrène expansé.

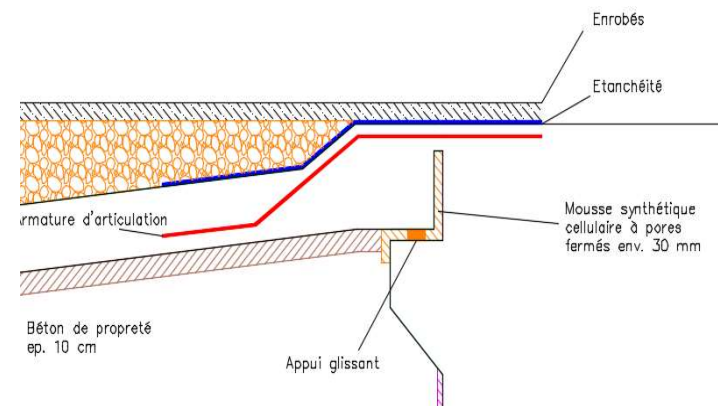
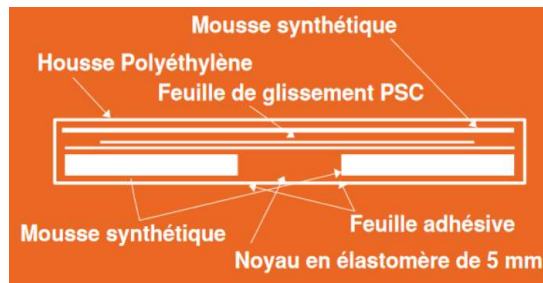


PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Dalle de transition

- Afin de permettre le déplacement engendré par la rotation du tablier et d'assurer l'appui de la dalle de transition sur le corbeau des appuis linéaires à glissement sont utilisés



PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
- ✓ Dalle de transition
 - La liaison en béton armé de la dalle de transition au tablier ne comporte qu'un seul lit d'acier (en général HA12 e = 20 cm soit environ 0,4% de la section de l'articulation) disposé en partie supérieure de la dalle. La continuité mécanique des aciers peut le cas échéant être assurée par coupleurs ou des boîtes d'attente. Pour le reste, le ferrailage de la dalle de transition est classique.



PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Dalle de transition

- Le ferrailage et le bétonnage de la dalle sont classiques
- L'étanchéité du tablier est prolongée sur la dalle de transition (ou sur la retombée de dalle en l'absence de dalle de transition) sur au moins 1 m

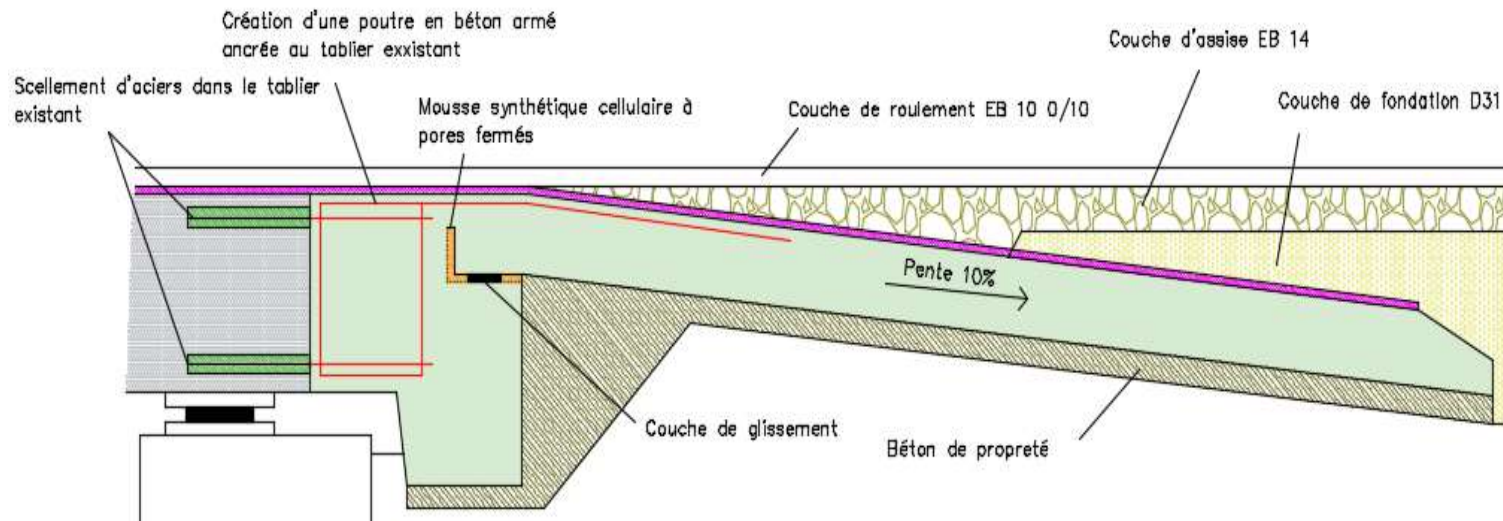


PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

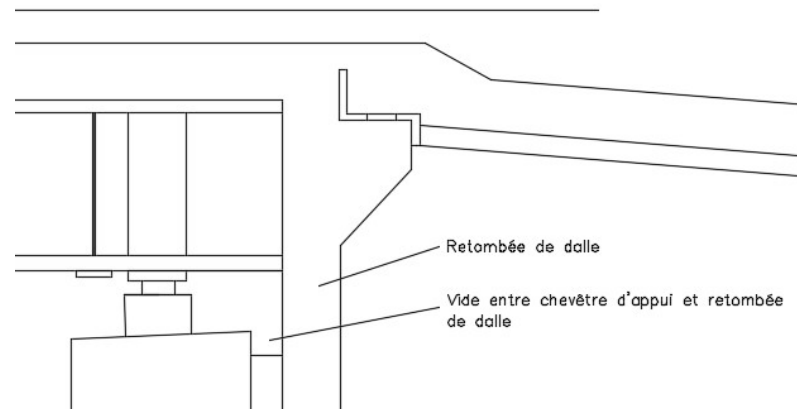
✓ Retombée de dalle

- La retombée de dalle est le plus généralement liaisonnée mécaniquement à la structure porteuse du tablier (poutres, dalle...). Pour les ponts à dalle pleine, la liaison est assurée par scellement d'aciers passifs dans le tablier. Pour les ponts à poutres et hourdis, la liaison est assurée d'une part par une continuité des aciers du hourdis vers la retombée de dalle et, d'autre part, par une liaison aux poutres et aux éléments d'entretoisement d'appui, par l'intermédiaire de goujons pour les structures métalliques et d'aciers passifs pour les structures en béton. La retombée de dalle peut être partiellement préfabriquée



PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
- ✓ Retombée de dalle
 - Le vide entre la retombée de dalle et le sommier d'appui est de l'ordre de 20 cm

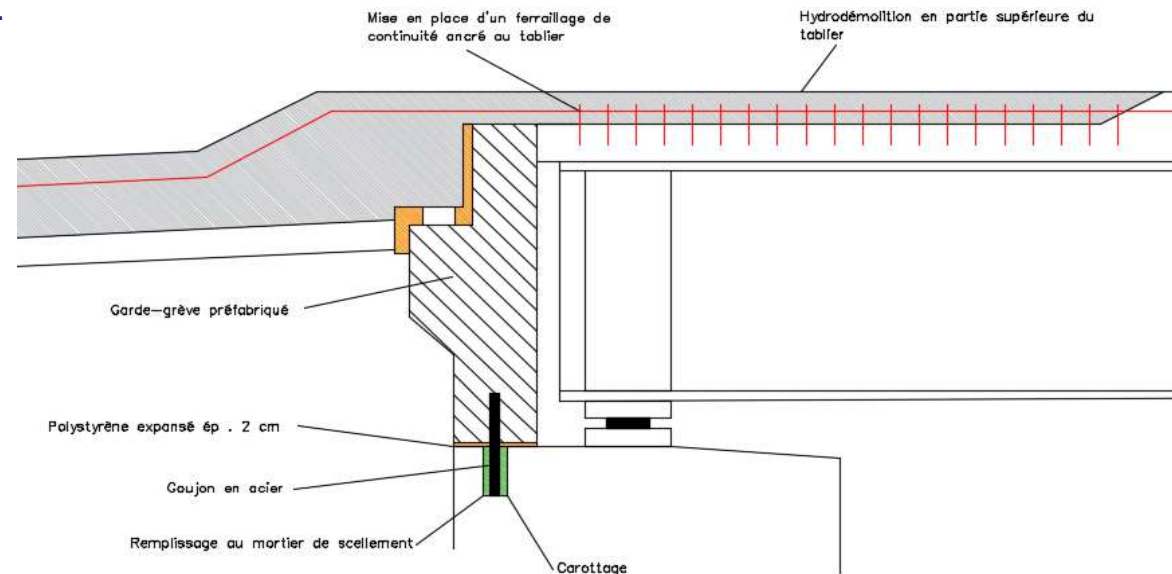


PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Retombée de dalle

- Une autre conception peut être projetée en cas de difficultés à réaliser la liaison mécanique avec le tablier ou si le délai de réalisation de cette retombée de dalle est jugé trop long (temps de coffrage, de ferrailage et de séchage après bétonnage).
- La retombée de dalle est ainsi préfabriquée et reliée uniquement en partie supérieure au tablier, au moyen d'un clavage coulé en place avec mise en continuité des aciers passifs. Elle est articulée à sa base, sur le sommier de la culée, par l'intermédiaire d'une section rétrécie goujonnée.
- Cette solution est adaptée à des portées modérées, car un pseudo-encastrement est créé par la proximité des deux points de liaison avec le chevêtre (appui du tablier et articulation du mur garde-grève).



PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Appareils d'appui

- Les appareils d'appui mis en œuvre sont systématiquement du type « élastomère fretté ».
- Pour leur remplacement ultérieur, il conviendra de transférer la descente de charge du tablier sur appuis provisoires sans déplacement (vérinage à déplacement nul), de démolir les bossages inférieurs puis de les reconstituer. Il est toutefois permis de penser que le changement des appareils d'appui ne sera pas nécessaire compte tenu de la conception adoptée



PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Murs associés

- Dans le cas général, les murs d'extrémités sont portés par les appuis.
- Il est possible de les encastrer dans le tablier si les murs restent de dimensions modestes. Ils viennent alors s'enfoncer dans le remblai.



PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Justification de la conception

- L'adaptation semi-intégrale ne modifie pratiquement pas les sollicitations dans le tablier. Les effets de la poussée accrue des terres contre le tablier sont en effet généralement très limités compte tenu de la faible hauteur de la retombée de dalle.
- Des renforcements sont potentiellement à prévoir aux extrémités comme le renforcement de la section transversale du tablier au droit de l'appui du fait du porte-à-faux et de la descente de charge apportée par la dalle de transition articulée
- Les points de vérification particuliers portent essentiellement sur :
 - La résistance en flexion et tranchant de la section d'appui sur culée ;
 - L'ancrage de la retombée de dalle sur le tablier ;
 - La résistance de la retombée de dalle sollicitée par la poussée accrue des terres, selon le mode de liaison de cette retombée de dalle ; la poussée accrue des terres résultant des dilatations thermiques gênées du tablier est pondérée dans les combinaisons d'actions comme une action thermique. Elle est déterminée en considérant le coefficient de poussée passive du sol (butée) associé à un frottement sur paroi de $-\varphi/2$ où $\varphi/$ est l'angle de frottement interne du sol

PRINCIPES DE CONCEPTION SEMI-INTEGRALE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

✓ Justification de la conception

- Les points de vérification particuliers portent essentiellement sur (suite) :

- La maîtrise de la rotation de la dalle de transition sous chargement du tablier par les charges d'exploitation et tassements du remblai (en Suisse, la directive de l'Office Fédéral des Routes (OFROU) donne des valeurs limites de la rupture de pente entre le tablier et la dalle de transition comprises entre 0,4% et 0,8% selon le trafic de la voie portée). Ces valeurs limites influencent la longueur de la dalle de transition ;

- Le ferrailage de liaison de la dalle de transition articulée dans le tablier. Ce ferrailage dépend notamment du tassement du remblai d'accès et de l'épaisseur des joints permettant le mouvement de la dalle de transition au droit de l'articulation. Il peut être déterminé sur la base de ratios types. Ainsi les essais réalisés lors de la thèse de D. Dreier à L'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) « Interaction sol-structure dans le domaine des ponts intégraux » en 2010 ont testés des ratios de respectivement 0,3% et 0,7% d'aciers passifs. Un ratio de 0,3% permet d'atteindre les rotations admissibles de la dalle de transition données ci-avant sans entraîner une fissuration jugée excessive sachant, en outre, que la zone de rotule est protégée par une étanchéité. Le ferrailage doit également permettre la transmission de l'effort d'entraînement de la dalle de transition frottante.



EXEMPLES DE REALISATION



PONT DE BEUVEILLE

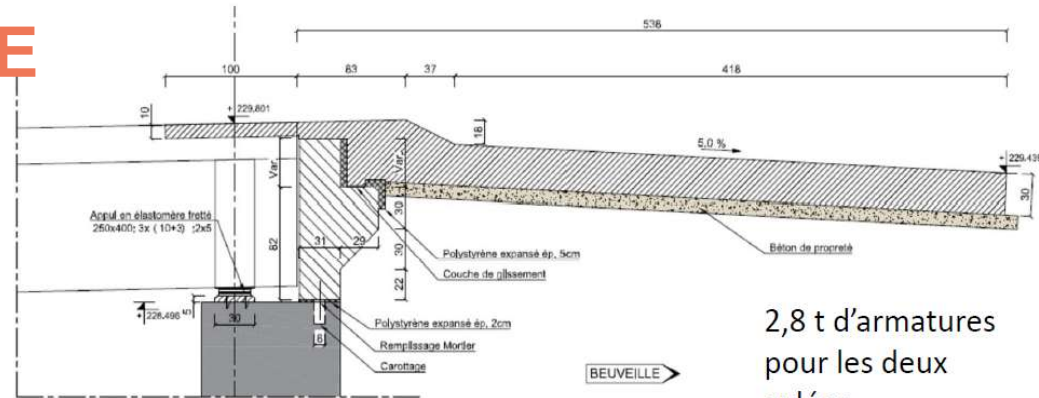
- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
- Pont dalle à deux nervures précontraintes construit en 1977 - 1 travée isostatique de 29 m de portée
- Fondation profonde sur deux files de pieux – Sols compressibles : argile vasarde, tourbe noire
- Dalle de transition articulée sur le mur garde-grève



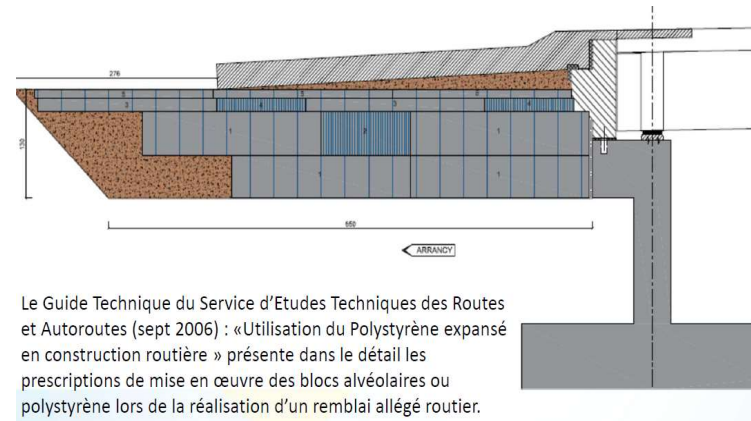
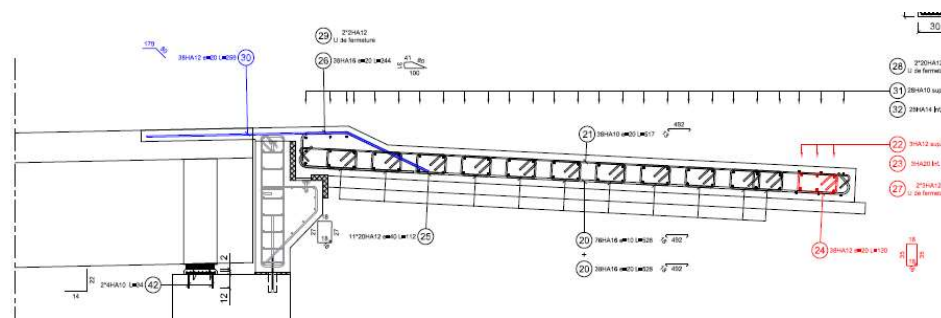
PONT DE BEUVEILLE

➤ ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS

- Transformation de l'about en conception semi-intégrale



2,8 t d'armatures pour les deux culées



Le Guide Technique du Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (sept 2006) : «Utilisation du Polystyrène expansé en construction routière » présente dans le détail les prescriptions de mise en œuvre des blocs alvéolaires ou polystyrène lors de la réalisation d'un remblai allégé routier.

PONT DE BEUVEILLE

- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
- Transformation de l'about en conception semi-intégrale



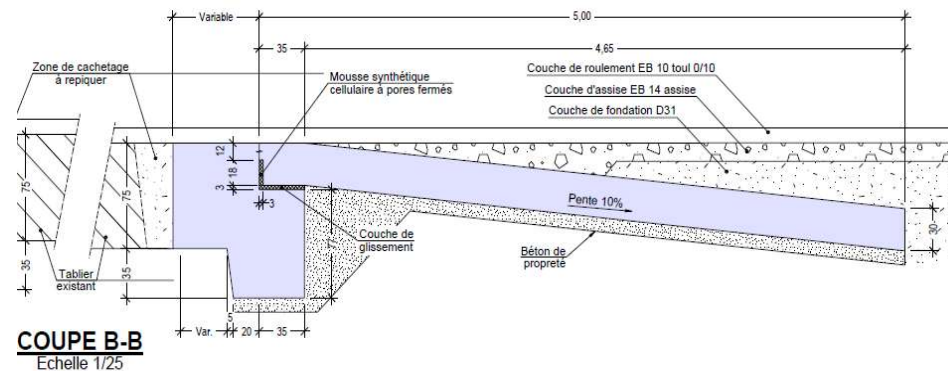
PONT DE BEUVEILLE

- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
- Transformation de l'about en conception semi-intégrale



PONT D'INGERSHEIM

- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
 - Transformation de l'about en conception semi-intégrale
 - Ponts dalle élégie précontrainte à 2 travées continues de 47 m de longueur totale (2 tabliers identiques indépendants) construits en 1974



PONT D'INGERSHEIM

- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
- Transformation de l'about en conception semi-intégrale



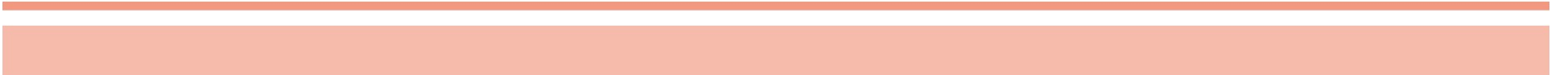
PONT D'INGERSHEIM

- ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS
 - Transformation de l'about en conception semi-intégrale





BIBLIOGRAPHIE



BILBIOGRAPHIE

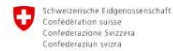
- Guide Cerema « Adaptations des ouvrages existants à de nouveaux usages » - A paraître
- Directive « Détails de construction de ponts – Partie 3 : Extrémité de ponts - OFROU - 2011 V1.10
- Thèse de doctorat de Damien Dreier « Interaction sol-structure dans le domaine des ponts intégraux » - [EPFL n° 4880](#), décembre 2010
- Guide INTAB « Conception économique et durable des ponts mixtes avec culées intégrales – Research Fund for Coal & Steel

Interaction sol-structure dans le domaine des ponts intégraux

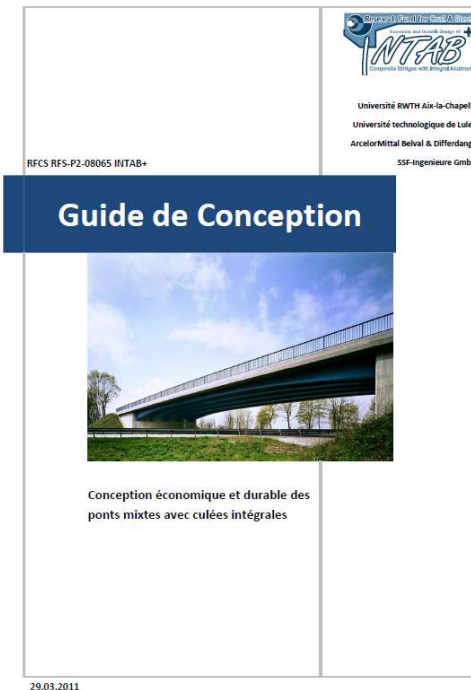
THÈSE N° 4880 (2010)
 PRÉSENTÉE LE 10 DÉCEMBRE 2010
 À LA FACULTÉ ENVIRONNEMENT NATUREL, ARCHITECTURAL ET CONSTRUIT
 LABORATOIRE DE CONSTRUCTION EN BÉTON
 PROGRAMME DOCTORAL EN STRUCTURES
 ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE
 POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR
 Damien DREIER

acceptée sur proposition du jury:
 Prof. A.-G. Dumont, président du jury
 Prof. A. Muttoni, directeur de thèse
 Dr W. Kaufmann, rapporteur
 Prof. L. Laloui, rapporteur
 Prof. M. Pastor Pérez, rapporteur



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





Merci de votre attention