

24 novembre 2011

Club Ouvrages d'Art inter-régional sous l'égide de la
CoTITA Nord Pas-de-Calais / Picardie

Tendances et réflexions dans le domaine des OA



Tendances et réflexions dans le domaine des OA

- ✓ **Les ponts intégraux**
- ✓ **Les ponts mixtes à double action mixte**
- ✓ **Les OA précontraints en BFUP**
- ✓ **Les aciers autopatinables**

Les ponts intégraux et semi-intégraux

✓ Principe

- ponts intégraux : encastrer le tablier au moins sur les culées
 - suppression des joints de chaussée
 - suppression des appareils d'appui
 - plus grande durabilité (pas d'agression des abouts de tablier !)
 - le cas échéant, encastrement du tablier également sur les appuis intermédiaires

- ponts semi-intégraux :
 - conservation des appareils d'appui sur culées mais suppression des joints de chaussée

Les ponts intégraux et semi-intégraux

✓ Principe

- ponts intégraux : encastrer le tablier au moins sur les culées
 - suppression des joints de chaussée
 - suppression des appareils d'appui
 - plus grande durabilité (pas d'agression des abouts de tablier !)
 - le cas échéant, encastrement du tablier également sur les appuis intermédiaires

- ponts semi-intégraux :
 - conservation des appareils d'appui sur culées (et sur piles) mais suppression des joints de chaussée

Les ponts intégraux et semi-intégraux

pour comprendre le présent et construire l'avenir

Piled foundations



Piles provide resistance to vertical loads, but are sufficiently flexible to allow practically unrestrained rotation. They can be used for bank seats and behind abutments.

Spread footings



Horizontal forces are resisted by earth pressure on the back and by friction beneath the seat. Spread footings should only be used where settlement is likely to be minimal.

Full-height abutments



Full-height abutments are difficult for long spans, but suitable if spans are short. For spans shorter than 20m, increasing horizontal forces and deformations cause the abutment to pick up very high forces that are difficult to accommodate in design.

✓ Pont intégral

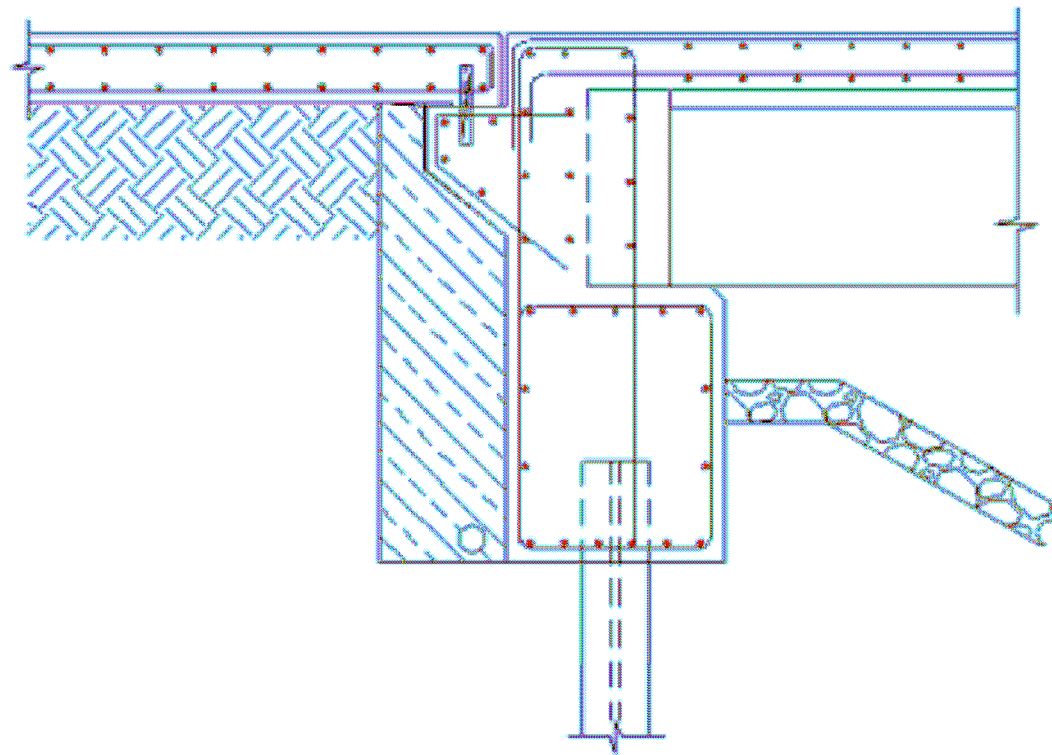
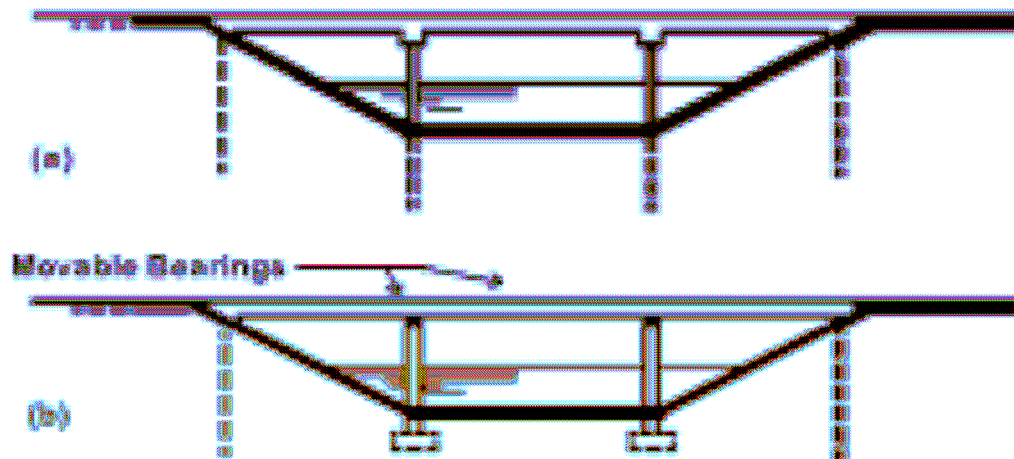


Figure 2: Fully Integral Abutment Details

Les ponts intégraux et semi-intégraux

pour comprendre le présent et construire l'avenir

- ✓ **Pont intégral** : (précurseurs USA, développés dans de nombreux pays depuis (Suisse, UK, Australie, Allemagne...))

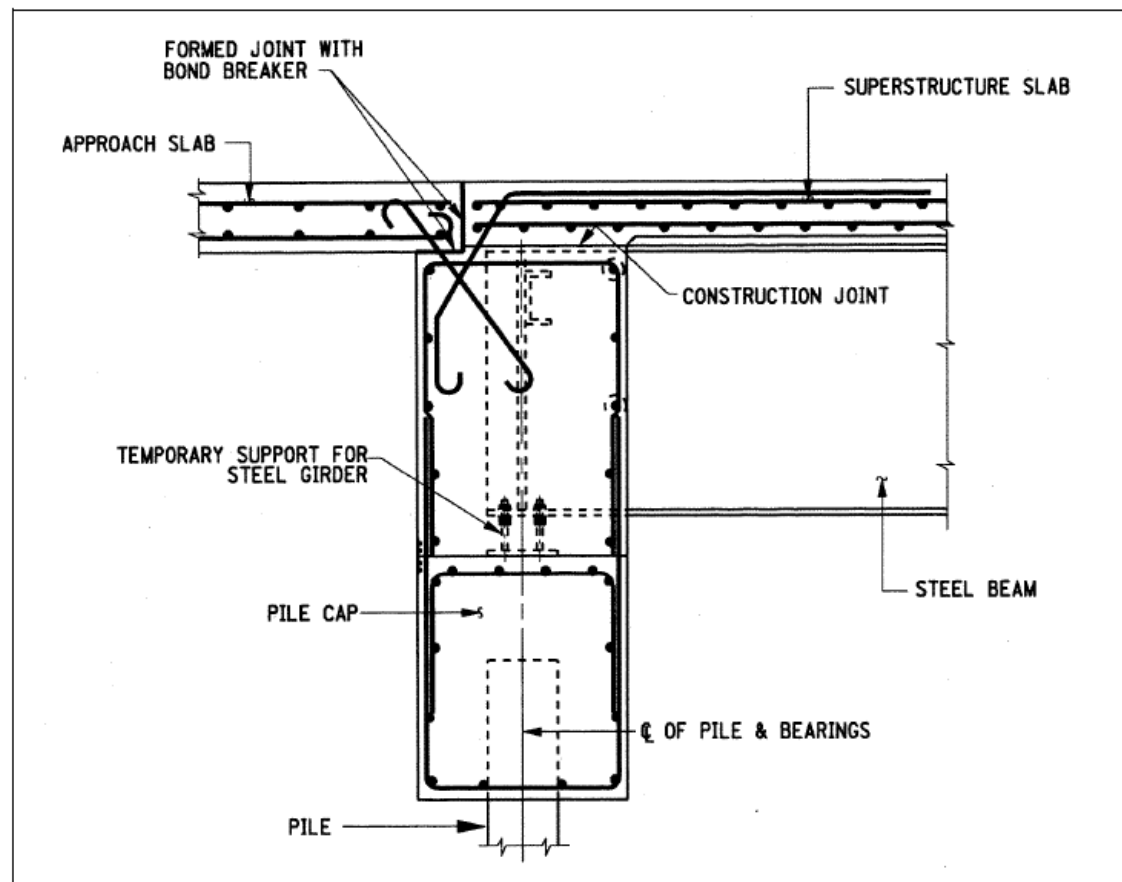


Integral Bridges with capped-pile abutments and (a) flexible capped-pile piers; (b) semi-rigid piers with movable bearings.

Les ponts intégraux et semi-intégraux

pour comprendre le présent et construire l'avenir

✓ Pont intégral



24 novembre 201

Figure 4. Current Steel Superstructure Integral Abutment

Les ponts intégraux et semi-intégraux

✓ Pont intégral

- fonctionne en souplesse plutôt qu'en résistance
 - utilisation de pieux souples (métalliques) avec remplissage de sable ou matériau granulaire dans pré-forage en tête
 - objectif : diminuer la rigidité, augmenter la capacité de déplacement de la structure en diminuant fortement les efforts au niveau des encastremements (et bénéficier de la réaction des remblais)
- domaine d'emploi fortement privilégié : longueur totale d'ouvrage jusqu'à 60 m, par défaut (mais on peut aller - beaucoup - plus loin...)
- biais limite indicatif : 70 gr (mais différentes valeurs existent selon les pays, voire les États - USA)

Les ponts intégraux et semi-intégraux

pour comprendre le présent et construire l'avenir

✓ Pont semi-intégral

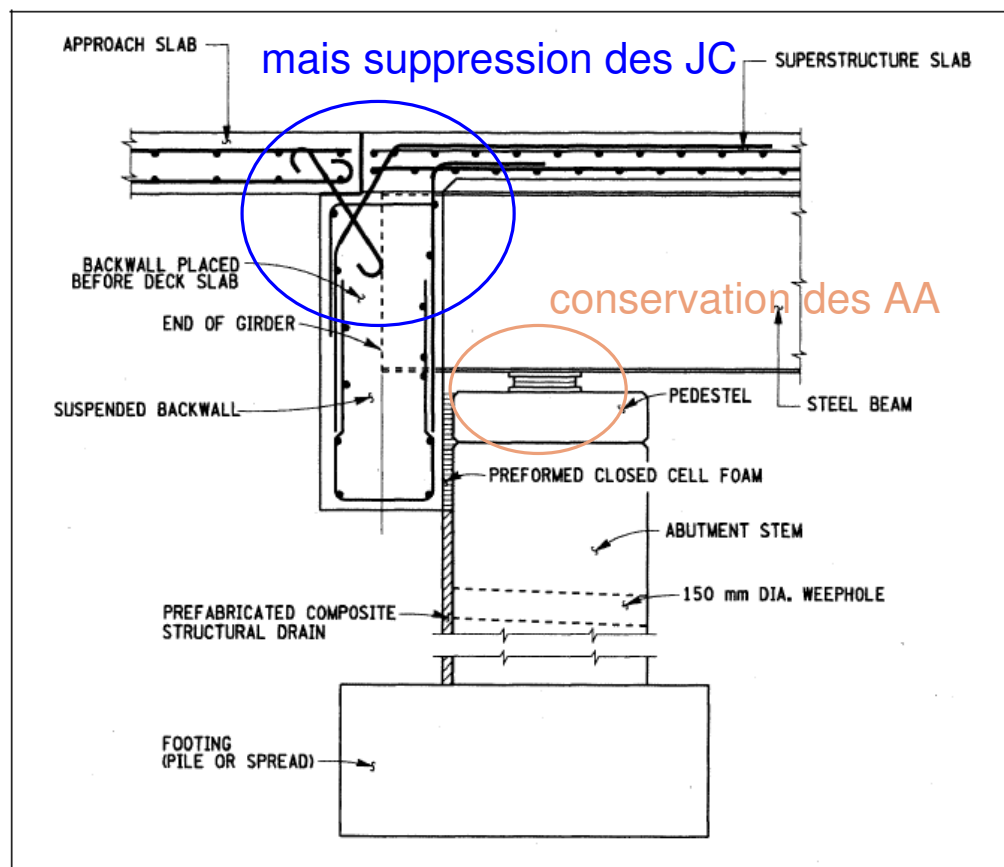


Figure 5. Semi-Integral Abutment

Les ponts mixtes à double action mixte

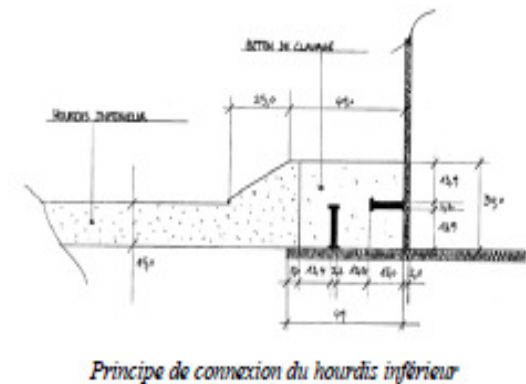
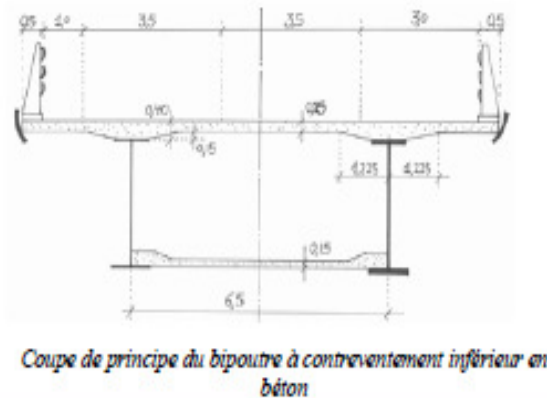
pour comprendre le présent et construire l'avenir

✓ Principe

- section mixte en semelle supérieure mais aussi en semelle inférieure
- ainsi, hourdis inférieur disposé dans les zones situées autour des piles où la semelle inférieure des poutres est fortement comprimée



Pont à double action mixte en Espagne



Les ponts mixtes à double action mixte

✓ Principe

- réduction de l'épaisseur de la membrure inférieure des poutres sur piles (facteur 2 environ)
- meilleur comportement vis-à-vis du déversement des semelles inférieures comprimées (le béton coûte moins cher que l'acier lorsqu'il s'agit de reprendre de la compression...)
- meilleure résistance au voilement des âmes
- amélioration de la robustesse (ouvrage plus redondant)
- préférentiellement pour des portées supérieures à 60 m

Les ponts mixtes à double action mixte

- éventuellement, recours à un hourdis inférieur continu sur tout l'ouvrage
- dans ce cas, le bipoutre est « transformé » en pseudo-caisson (meilleure répartition transversale des efforts entre poutres)

Solutions	Consommation d'acier	Coût global (acier + béton)
Bipoutre de base	100	100
Bipoutre avec contreventement métallique	97	103
Bipoutre avec hourdis inférieur béton	81	106
Bipoutre avec hourdis béton en zone d'appui et contreventement métallique en travée	87	97

Les ponts mixtes à double action mixte

✓ Points de vigilance

- Les dispositions constructives pour les zones de transition situées entre sections (inférieures) mixtes et non mixtes sont complexes, particulièrement en ce qui concerne les raidisseurs longitudinaux, les cadres d'entretoisement et les armatures
- Le temps de montage est augmenté, car le ferrailage du hourdis inférieur doit être positionné au travers des cadres de contreventement et il est nécessaire de procéder à des phases de bétonnage supplémentaires à proximité des appuis.
- Distribution des contraintes non linéaire sur la hauteur de la poutre
- Décalage de l'axe neutre entre sections doublement mixtes et sections courantes (génère des moments secondaires)

Les OA précontraints en BFUP

pour comprendre le présent et construire l'avenir

✓ **BFUP** (BSI®, Ductal®, BCV®...)

Exemples de formulations de BFUP (pour 1 m³)

Ciment	Sable fin	Quartz broyé	Fumée de silice	Fibres métalliques	Adjuvant (extrait sec)	Eau totale
710 kg	1 020 kg	215 kg	230 kg	160 kg	10 kg	140 l
1 075 kg	1 030 kg	—	160 kg	220 kg	35 kg	200 l

$E/C \cong 0,20$

$f_{ck} \cong 150 \text{ à } 200 \text{ MPa}$

Fluage $\phi = 0,8$

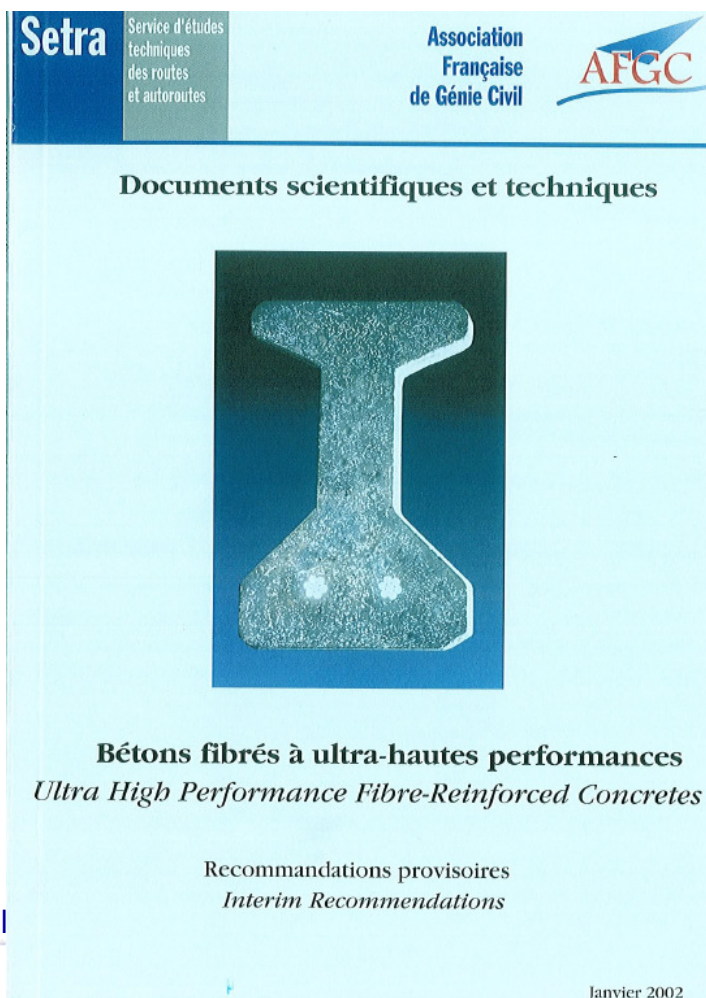
(voire 0,2-0,3 si TT !)

Composition	
Ciment	1 114 kg
Fumée de silice	169 kg
Granulats 0 à 6 mm	1 072 kg
Fibres	234 kg
Super plastifiant	40 kg
Eau	209 kg
Rapport E/C	0,19

Caractéristiques du BSI	
Résistance caractéristique en compression à 28 j	175 MPa
Résistance caractéristique en traction directe de la matrice à 28 j	8 MPa
Résistance caractéristique en traction directe post-fissuration à 28 j	9 MPa
Module d'Young	64 GPa
Masse volumique	2,8 t/m ³

Les OA précontraints en BFUP

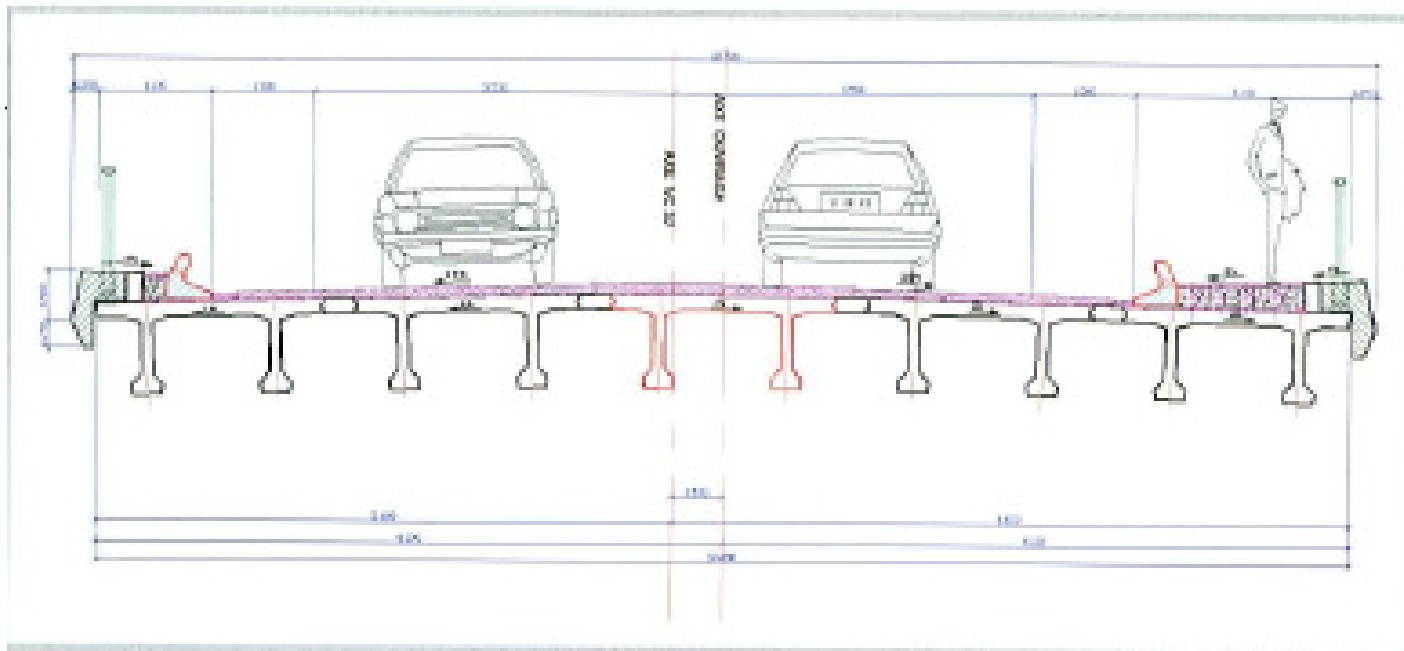
- ✓ **BFUP** : Recommandations (en cours de révision)



Les OA précontraints en BFUP

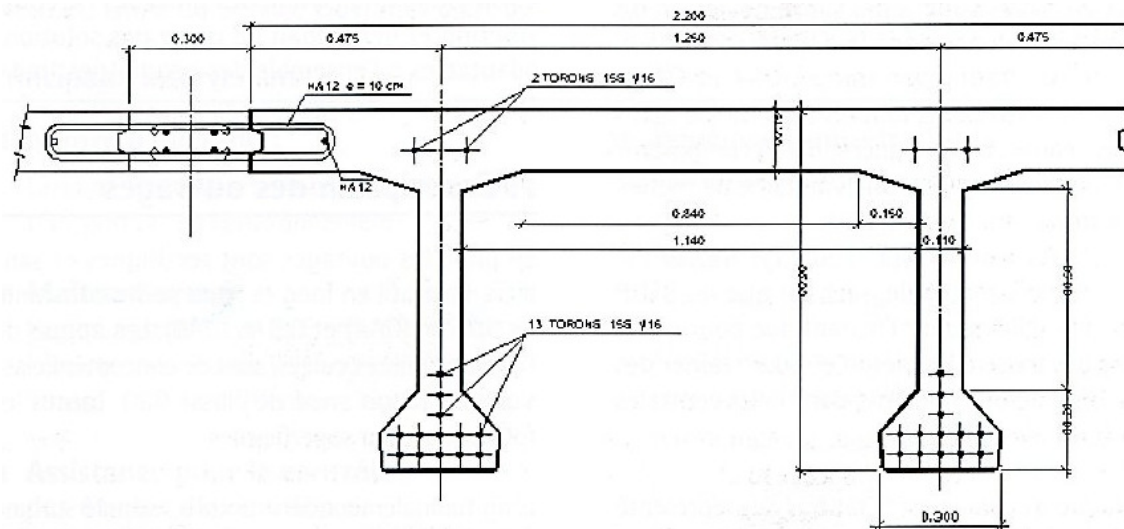
pour comprendre le présent et construire l'avenir

- ✓ Application du BFUP à des tabliers de pont précontraints
- ✓ PS de Bourg-lès-Valence (2002)



Les OA précontraints en BFUP

- ✓ Application du BFUP à des tabliers de pont précontraints
- ✓ PS de Bourg-lès-Valence
 - travées indépendantes, poutres en π , *pré-tension*

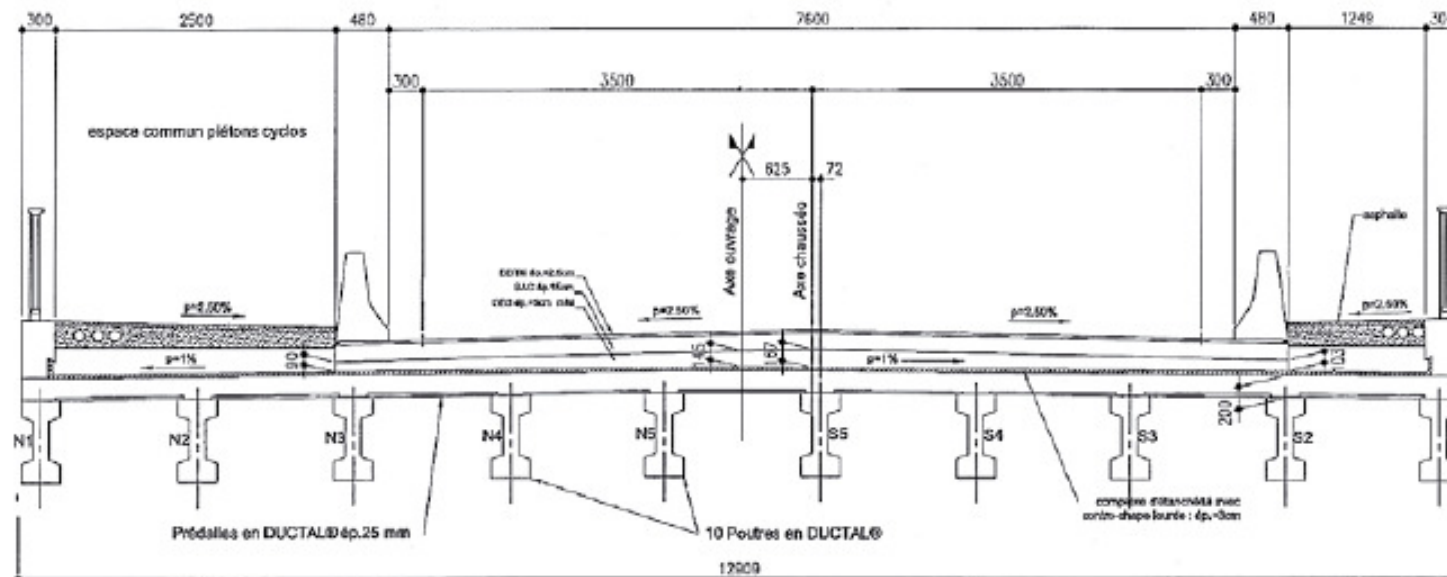


Épaisseur équivalente : 0,25 m (au lieu de 0.75 m en BT, 0.37 m en BHP)

Les OA précontraints en BFUP

pour comprendre le présent et construire l'avenir

- ✓ Application du BFUP à des tabliers de pont précontraints
- ✓ Pont de St-Pierre La Cour (2005)
 - travée unique 19 m (biais 60 gr), **pré-tension** (14 torons T15S dans talon)



Les OA précontraints en BFUP

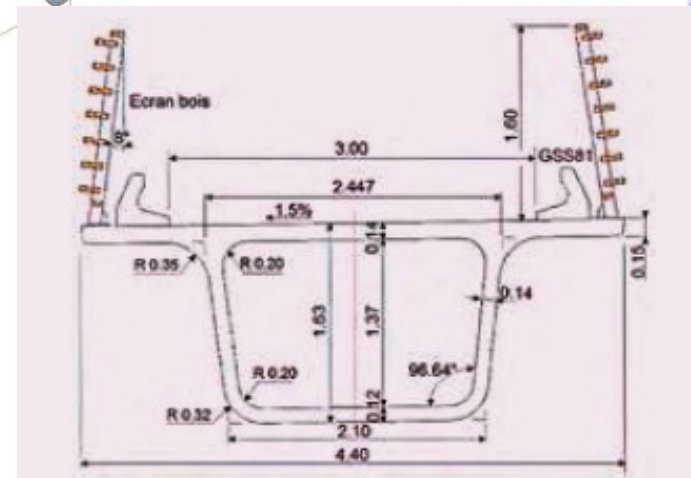
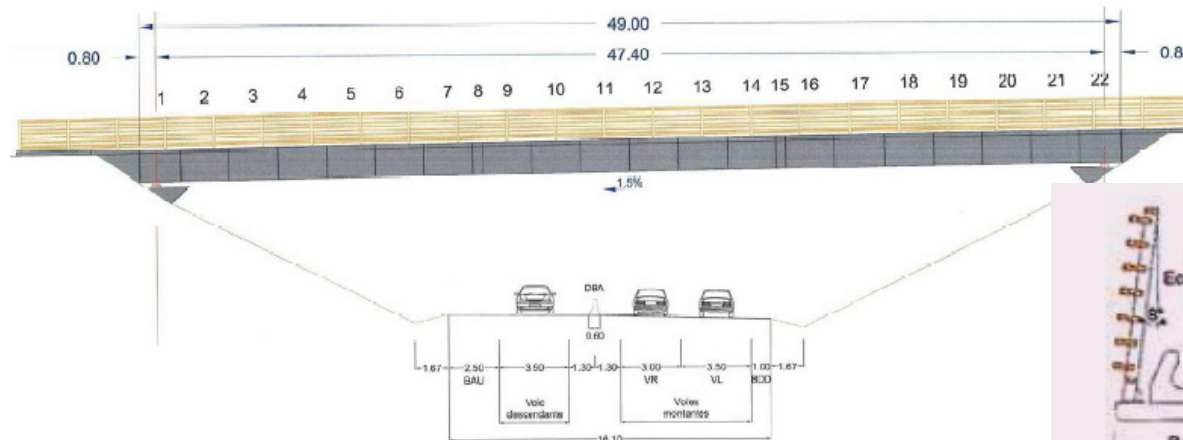
- ✓ Application du BFUP à des tabliers de pont précontraints
- ✓ Pont de St-Pierre La Cour
 - travée unique 19 m (biais 60 gr), **pré-tension** (14 torons T15S dans talon)



Les OA précontraints en BFUP

pour comprendre le présent et construire l'avenir

- ✓ Application du BFUP à des tabliers de pont précontraints
- ✓ PS34 sur A51 – Pont Chabotte (2005)
 - travée unique 49 m, voussoirs préfabriqués, **post-tension** (6 câbles 19T15S extérieurs au béton), élançement 1/29, épaisseur moyenne 40 cm

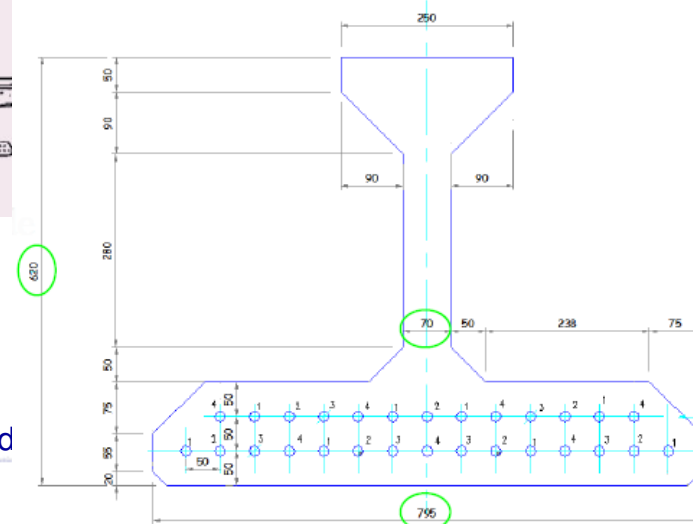
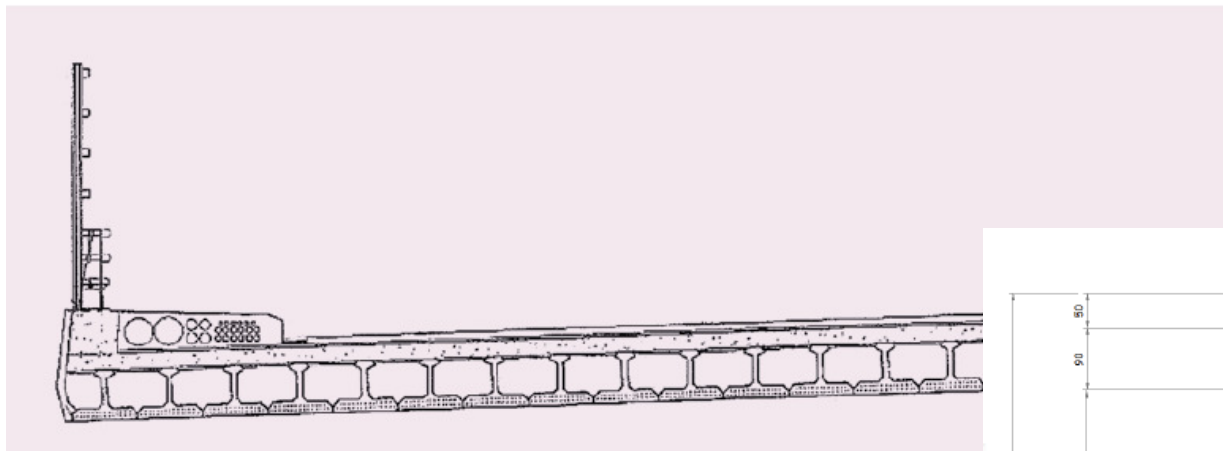


Pas de couche de roulement ni d'étanchéité !...

Les OA précontraints en BFUP

pour comprendre le présent et construire l'avenir

- ✓ Application du BFUP à des tabliers de pont précontraints
- ✓ Triplement du pont Pinel à Rouen (2007)
 - travée unique de 27 m, biais 64 gr, **pré-tension** (poutres ITE®), élançement poutre seule 1/45...



Les OA précontraints en BFUP

- ✓ **Application du BFUP à des tabliers de pont précontraints**
- ✓ **Nombreuses autres applications du BFUP**
 - dans les ponts, à l'étranger, dans de nombreux pays
 - pour la construction de passerelles (en France et à l'étranger)
 - en renforcement de dalle orthotope, de VIPP...
 - joints coulés entre éléments préfabriqués
 - plaques d'ancrage en milieu très agressif
 - dalle d'usure
 - chemisage ou coque de protection de piles soumises à de fortes abrasions
 - etc...

Les aciers autopatinables

✓ Principe et conception

- aciers dont la protection anti-corrosion n'est pas réalisée par application d'un système de peinture mais par formation d'une couche d'oxyde (patine) à leur surface
 - développés il y a plus de 40 ans
 - aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique :
 - NF EN 10025-5 (Cu, P, Cr, Ni, Mo...)
 - INDATEN, CORTEN, DIWETEN, ARCOROX
 - ralentit fortement la corrosion mais éventuellement prévoir une épaisseur sacrificielle (perte de matière de l'ordre de 1 mm par face exposée par 50 ans)
 - son emploi se prête bien lorsque les conditions d'accès pour la remise en peinture de l'ossature sont difficiles

Les aciers autopatinables

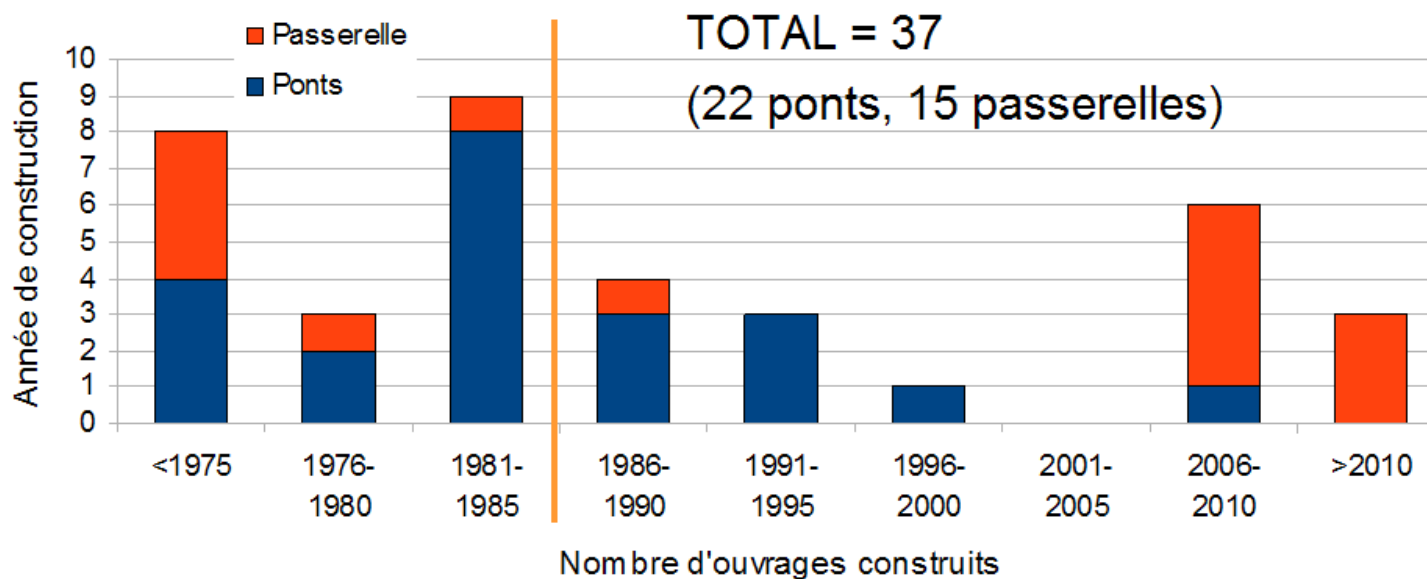
✓ Principe et conception

- La formation de la couche de rouille protectrice ne se produit que si l'acier est soumis à des cycles humide-sec. Il est donc important, lors de la conception des détails, de veiller à ce que la construction exposée puisse sécher et d'éviter toute stagnation d'eau.
- On peut aussi appliquer une peinture anti-rouille après sablage, notamment sur les parties cachées ou sujettes à venues d'eau potentielles (abouts de tablier), ce qui améliore encore la durabilité du matériau.
- L'utilisation de ce genre d'acier n'est pas conseillée dans des milieux agressifs (attention aux sels de déverglaçage) et pour des constructions en contact permanent avec de l'eau ou de l'humidité condensée.
- Il faut aussi très soigneusement éviter toute possibilité de rétention d'eau qui finirait par provoquer une altération du matériau.

Les aciers autopatinables

Historique – histogramme de la construction des ponts W en France

Evolution du nombre d'ouvrages construits



Circ
85

Les aciers autopatinables

Equivalences de nuances

Nom de marque	EN 10025-5:2005	JIS G3114	ASTM
Indaten ®355A Corten A	S355JOWP S355J2WP	SMA 50AW	A242 Grade A A606T2 A606T4
Indaten ®355D Corten B	S355J2W S355JOW		A588 Grade A
Diweten ® 355	S355J2GW S355K2G1W		A588 Grade K
Diweten ® 235	S235J2W		

S420 et S460 à venir dans la révision de la NF EN 10025-5

Tableau 1 : Composition chimique des aciers auto-patinables selon le tableau 2 de la norme EN 10025-5

nuance d'acier		composition chimique (%)								
désignation		C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Ni
selon EN 10027-1	selon EN 10027-2	max.	max.			max.	max.			max.
S235J0W	1.8958	0,13	0,40	0,20	max. 0,035	0,035	0,009	0,40 à 0,80	0,25 à 0,55	0,65
S235J2W	1.8961			à 0,60		0,030	-			
S355J0WP	1.8945	0,12	0,75	max. 1,0	0,06 à 0,15	0,035	0,009	0,30 à 1,25	0,25 à 0,55	0,65
S355J2WP	1.8946					0,030	-			
S355J0W	1.8959				max. 0,035	0,035	0,009			
S355J2W	1.8965	0,16	0,50	0,50	max. 0,030	0,030	-	0,40 à 0,80	0,25 à 0,55	0,65
S355K2W	1.8967			à 1,50						