

Le pont type à ossature bois/béton du Sétra

Conception générale et prédimensionnement

Aude PETEL

SETRA

Julien FAYARD

CETE de l'Est



Le pont type à ossature bois/béton

Conception générale et prédimensionnement



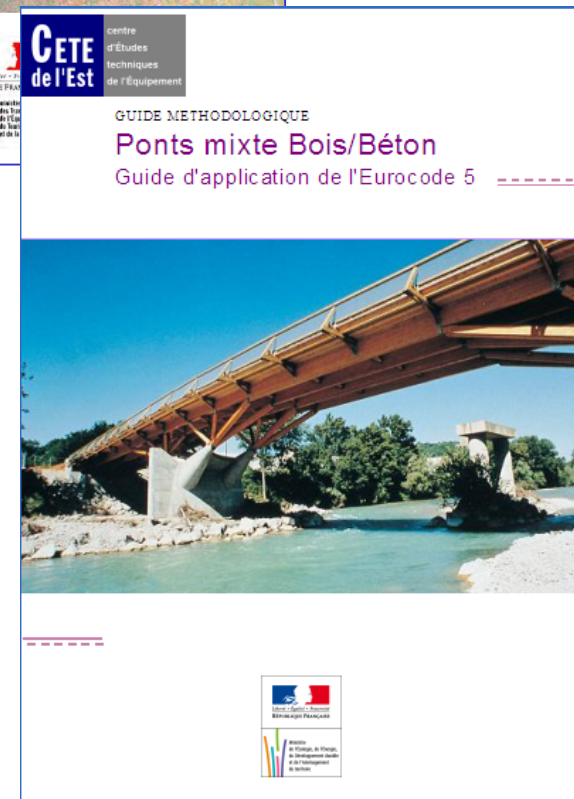
Julien Fayard - CETE de l'Est

Aude Petel - SETRA



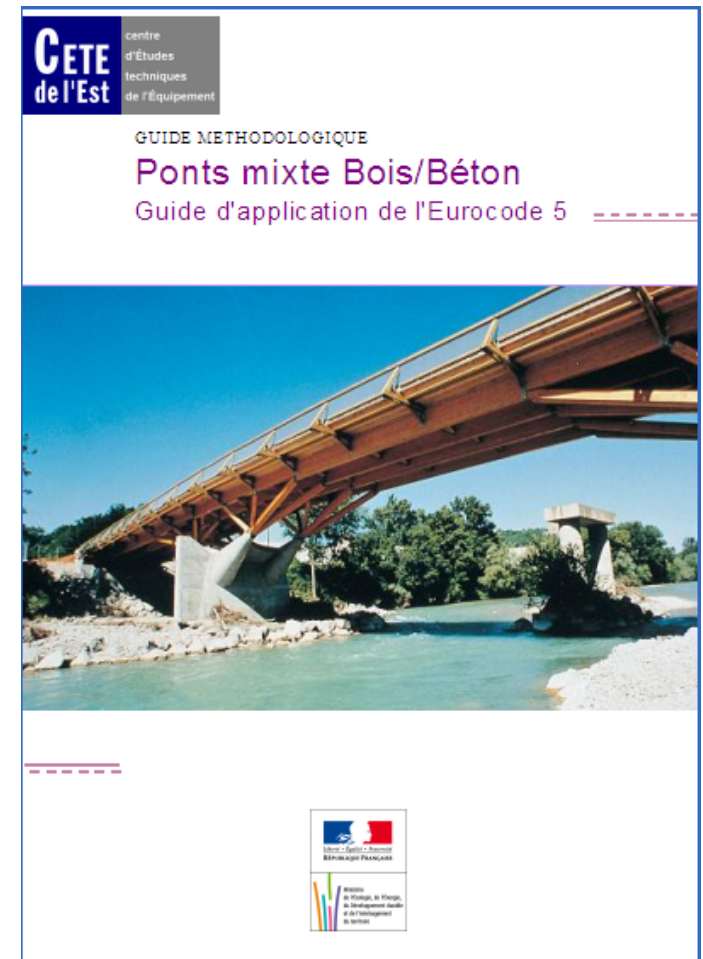
Contexte

- En complément des guides AFGC et Sétra (durabilité)
- Rendre au matériau bois sa place dans le génie civil
- Concevoir un ouvrage robuste, fiable et durable
- Produire un document qui mette en évidence les qualités du matériau et les bonnes règles de conception et d'exécution
- Aider à l'application de l'Eurocode 5



Contexte

- Groupe de travail regroupant :
 - Le Sétra (Division des Grands Ouvrages)
 - Le Cete de l'Est (Division Ouvrages d'Art et Labo)
 - L'ENSTIB
 - Le LCPC (ENPC/LAMI)
- GT créé fin 2008
- Document final en 2011



Contexte



- Contenu du futur guide
 - Présentation
 - Conception générale
 - Conception détaillée
 - Exécution du tablier
 - Règlements et hypothèses de calcul
 - Modélisation et dimensionnement du tablier
- Note de calcul détaillée avec renvoi aux Eurocodes
- N'est traité que le pont à poutres

c) Modèle de trafic LBT

Le modèle LBT est composé d'une charge répartie (UDL, Uniform Distributed Load) correspondant à la modélisation du trafic sur l'ensemble de la chaussée, et d'un tandem d'essieu (TS, Tandem System) sur chaque voie, modélisé par quatre forces ponctuelles représentant la charge apportée par un poids lourd parmi la circulation.

La charge répartie se calcule de la manière suivante :

$$UDL = \sigma_{L,0}$$

Les charges ponctuelles se calculent avec la formule suivante :

$$TS = \sigma_{L,0} Q_L$$

TS représente la charge d'un essieu, soit deux roues dont les entrées correspondent à la modélisation précédente. Les surfaces de contact de ces forces ponctuelles sont de 0,40m x 0,40m et correspondent aux surfaces de contact entre les pneus du poids lourd et la chaussée.

Figure 3-3 : Découpage de la chaussée en voies fictives

Figure 3-4 : Modélisation du modèle TS

Emplacement	Tandem TS		Système UDL	
	Charges d'essieu (kN)	Q_L (kN)	$\sigma_{L,0}$ (kN/m²)	Q_L
Voie 1	200	5	5	5
Voie 2	200	2,5	2,5	2,5
Voie 3	200	2,5	2,5	2,5
Autres voies	0	2,5	2,5	2,5
Aire résiduelle (pts)	0	2,5	2,5	2,5

Tableau 3-3 : Charges engendrées par le trafic

Classe de trafic	Q_{L1}		Q_{L2}		Q_{L3}	Q_{L4}
	1	2	1	2		
1	1	1	1	1	1	1
2	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1

Tableau 3-4 : Coefficients de chargement

Ces coefficients dépendent du numéro 1 de voie et de la classe de trafic du pont.

EN 199-2
Annex A.2
Tableau A.2

EN 199-2 NA
Classe A.2.2(3)
NOTES 1-2.3

5.3 - Vérification du frettage sur appuis

Comme dit précédemment, le bois travaille très mal en compression transversale ce qui peut limiter l'intensité des efforts à transmettre $f_{t,90} (GL28) = 3 \text{ MPa}$.

Il peut être alors envisagé de renforcer localement les poutres en bois par des frettages chargés de reprendre à elle seules la réaction d'appui et les transmettre sur la hauteur de la poutre (voir page 94-4 - Vérification des poutres bois en compression transversale).

La transmission de la réaction d'appui par la vis WB

(0) $R_{w,0} = 0,56 \cdot \sqrt{f_{t,90}} \cdot \rho_b^{0,5}$

(1) $R_{w,1} = k_1 \cdot N_{p,1}$

$k_1 = 1$ for $\bar{\lambda} \leq 0,2$

$k_1 = \frac{1}{k + \sqrt{\lambda^2 - 0,2}}$ for $\bar{\lambda} > 0,2$

$N_{p,1} = \frac{A_{fret} \cdot f_{t,90}}{\gamma_{m,2}}$ avec $\gamma_{m,2} = 1$

(2) $N_{w,2} = \sqrt{E_s \cdot E_w \cdot I_s}$

$\alpha_s = \frac{(0,22 + 0,014 \cdot d) \cdot \pi \cdot d}{1,17 \cdot \sin \alpha + \cos^2 \alpha}$

$I_s = \frac{\pi}{64} (0,7 \cdot d)^4$

(3) $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{w,2}}{N_{w,1}}}$ d'après (1) et (2)

$K = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$

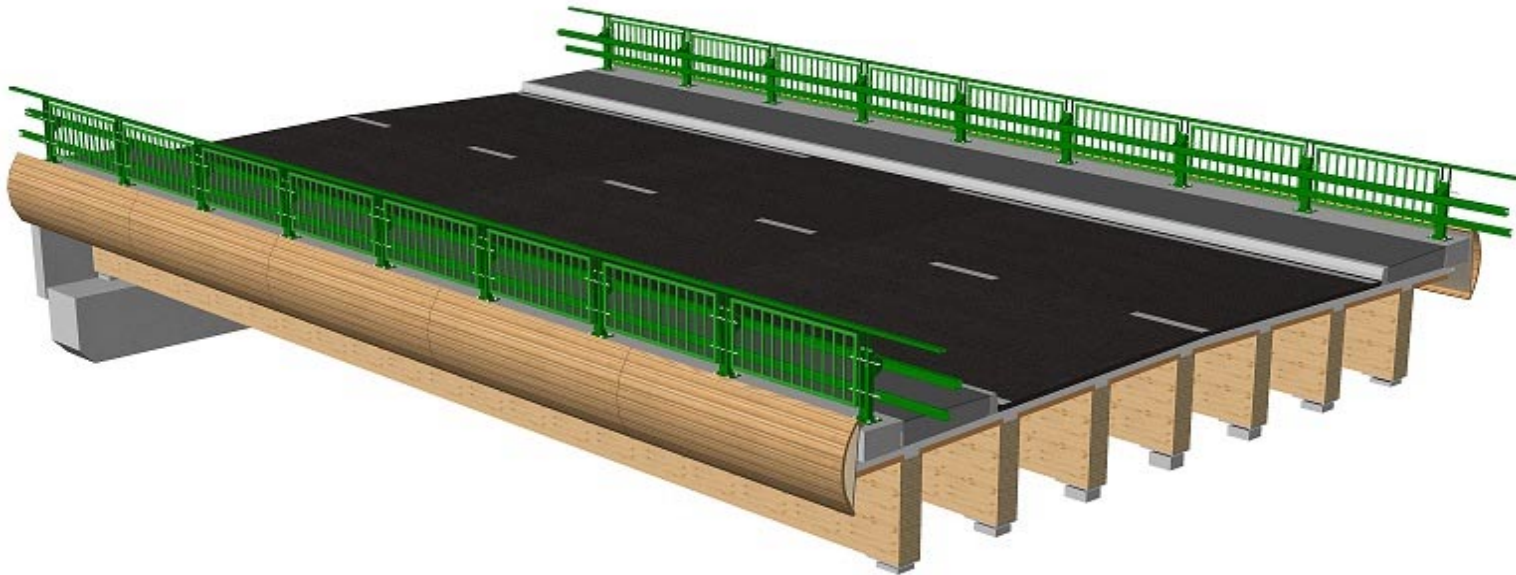
$R_{w,2} = \min(R_{w,1}, R_{w,2})$ d'après (1) et (3)

$k_{w,3} = 1,75$ pour BLC et LIT, si $h > 300 \text{ mm}$

EN 199-2
Annex A.2
Tableau A.2

Description générale de la structure

- Morphologie du pont mixte bois béton

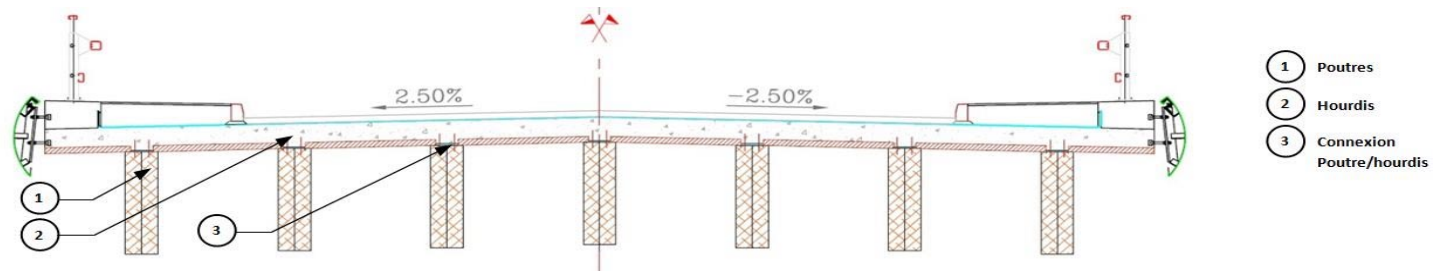


Domaine d'emploi privilégié : 10 à 25 m de portée

Maximum envisageable environ 35 m de portée, limite de la taille des poutres en bois pour le transport, possibilité d'associer plusieurs travées indépendantes rendues continues par l'attelage du hourdis

Description générale de la structure

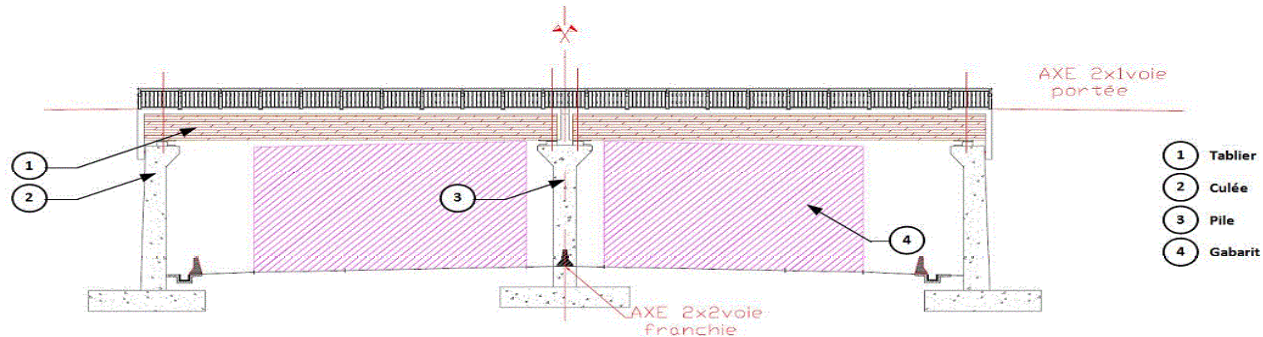
- Coupe transversale



Entraxe des poutres de 0,8 à 1,5 m

Coffrages perdus en bois ou en béton

- Coupe longitudinale



Poutres: contreflèche de préfabrication

Gabarit sous poutres de 6,15 m du fait de la relative fragilité de la structure au chocs des véhicules

Conditions d'exploitation

- Durée d'utilisation

Conformément à l'Eurocode la durée d'utilisation du projet pour les ponts en bois est de 100 ans.

- Neige et vent

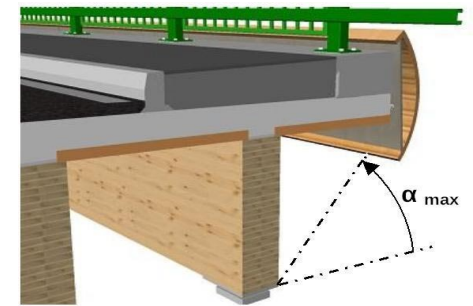
Conformément à l'Eurocode 1. Les charges de neige ne sont en général pas dimensionnantes pour les ponts routiers.

- Classe d'exposition pour le béton

Les critères sont les mêmes que pour les autres types de pont.

- Classe d'exposition pour le bois

La conception de l'ouvrage est pensée pour que la partie bois soit protégée des intempéries.
On se situe en classe de service 2 et en classe d'emploi 3.



- Trafic

Pour l'exemple du guide l'ouvrage est de classe 2.

Atouts et contraintes

- Atouts

Le mode de construction permet de s'affranchir de la plupart des contraintes de la brèche.

- Contraintes

Épaisseur de tablier plus forte que celle des ponts à dalles continues donc une augmentation du volume des remblais d'accès à l'ouvrage en plus du gabarit supplémentaire imposé par la fragilité des poutres en bois.

Conception générale

Tablier

- Elancement

1/15 pour des travées isostatiques

Jusqu'à 1/20 avec une dalle en BHP

- Dalle

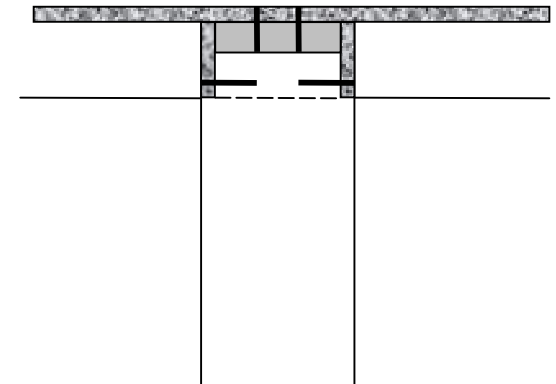
Béton C35/45 $e=22$ cm

Béton C60/75 $e=15$ cm

BFUP dalle gaufrée $e=20$ cm (ép. équivalente 8.5 cm)

Si dalle BA ou BHP : dalle coulée en place par l'intermédiaire de coffrages perdus en bois pour des espacements jusqu'à 1,5 m ou en béton pour des espacements plus importants.

Si dalle BFUP : dalle préfabriquée en usine.



Tablier

- Poutres en bois

Poutres en bois lamellé collé de nuance GL 28, éventuellement GL 24.

Fabrication en usine avec des sections standards de longueur jusqu'à 45 m.

Section rectangulaire constante ou plus rarement variable.

Épaisseur des lamelles (mm) : 30, 33,3, 33,5, 35, 45

Largeur standard (mm) : 90, 115, 140, 160, 185, 210

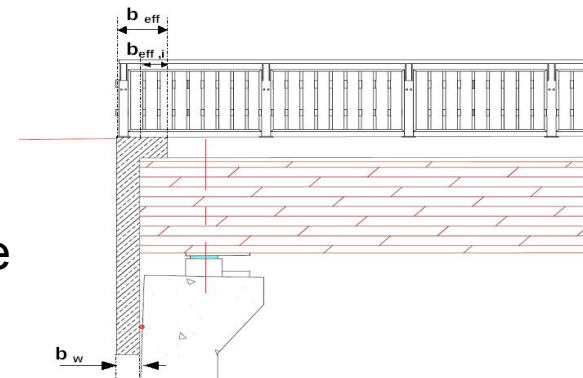
Hauteur : variable jusqu'à 2 m environ

Pour obtenir des poutres de largeur supérieure à 210 mm il est possible d'accoler des éléments en les liaisonnant avec des broches et des boulons

- Entretoisement

Pas d'entretoise intermédiaire

Entretoises d'abouts réalisées avec la retombée de dalle



Matériaux

- Bois

GL28h

$f_{m,g,k}=28 \text{ MPa}$, $f_{v,d}=3,2 \text{ MPa}$, $f_{vg,k}=3 \text{ MPa}$, $E_{0,g,mean}=12600 \text{ MPa}$

- Acier

Platines métalliques, broches : S355

Goujons : S235

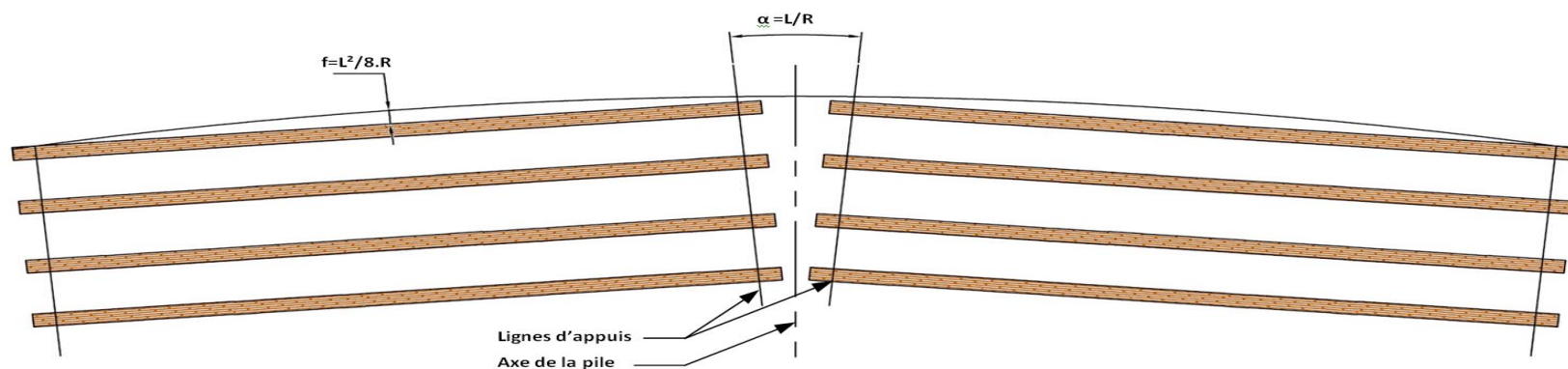
Dalle : HA Fe 500

- Béton

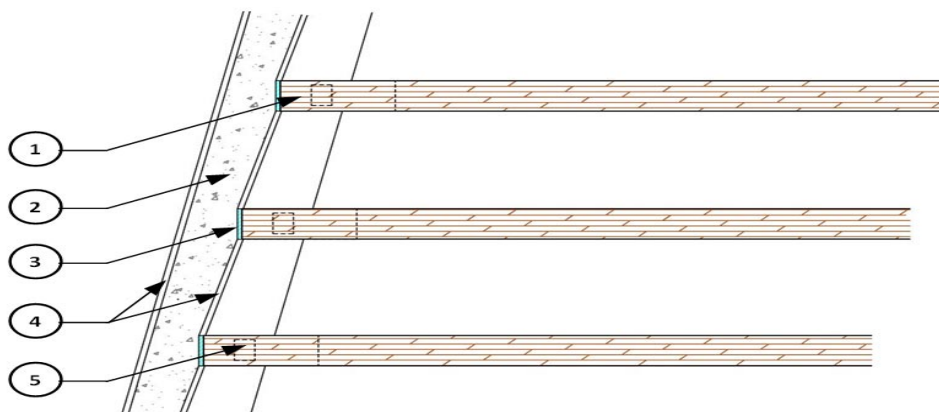
Dalle armée C35/45 ou C60/75, ou dalle BFUP $f_{ck} \geq 150 \text{ MPa}$

Courbure et biais

- Courbure



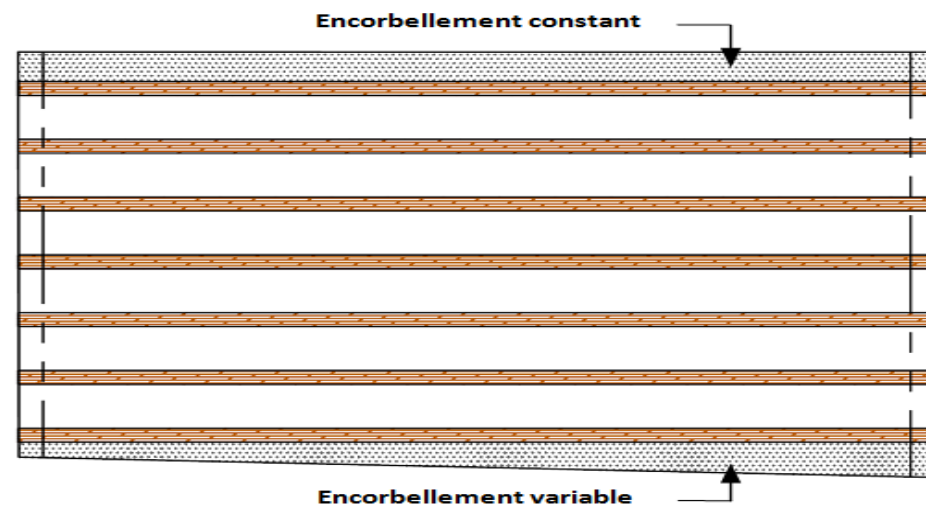
- Biais



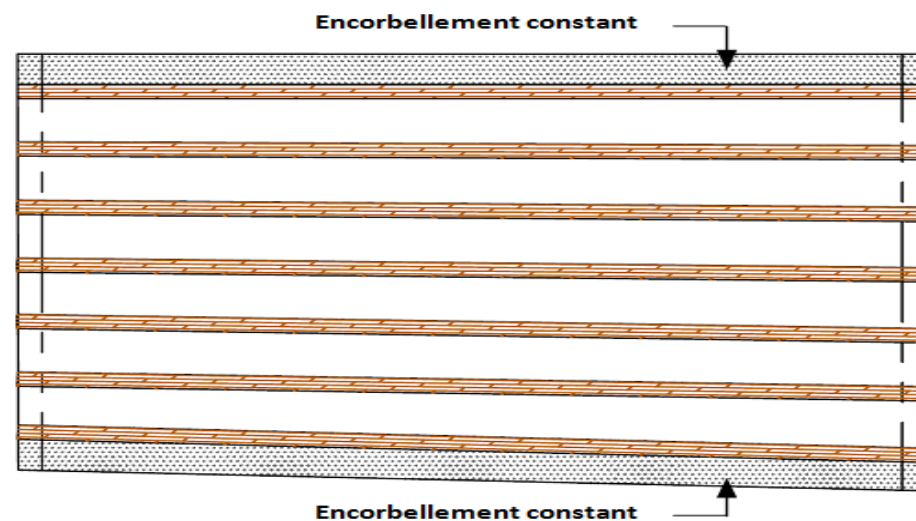
- 1 Poutre
- 2 Retombée de dalle
- 3 Connexion poutre/hourdis
- 4 Coffrage
- 5 Appuis

Largeur variable

Elargissement par le hourdis en encorbellement



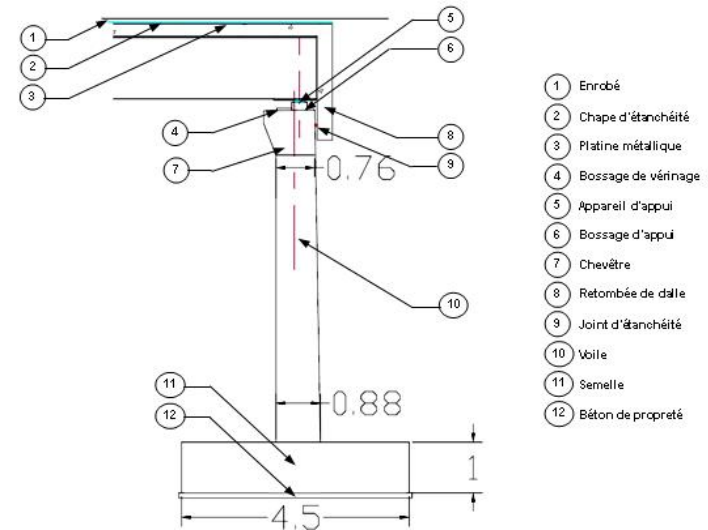
Elargissement par une disposition des poutres en éventail



Appuis

- Appuis d'extrémité

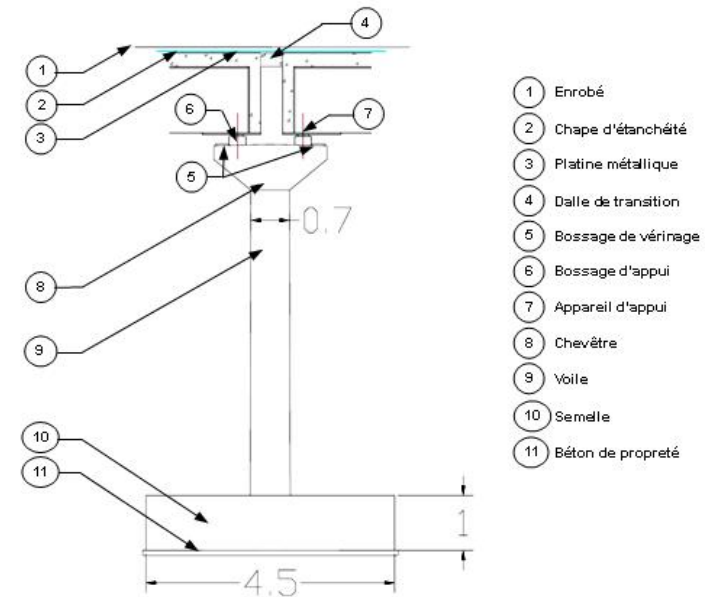
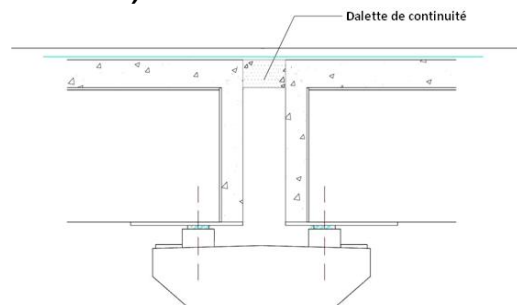
Retombée de dalle qui fait office d'entretoise d'about



- Appuis intermédiaires

Pour des travées isostatiques liaison par le hourdis uniquement

Dalette de continuité d'épaisseur constante (environ 15 cm)



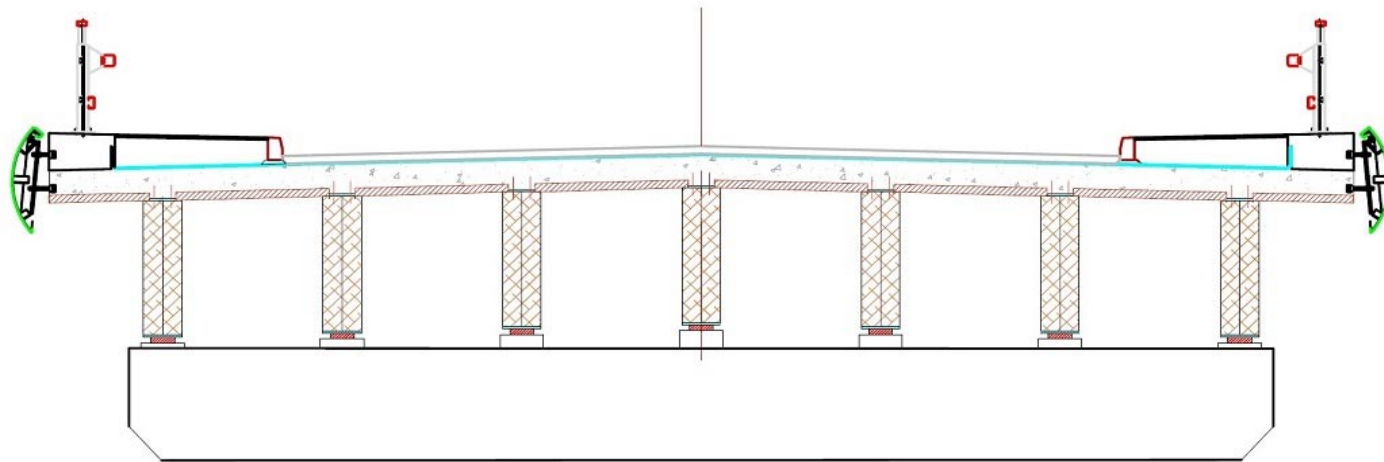
Appareils d'appui et vérinage

- Appareils d'appui

Un appareil d'appui en élastomère fretté est disposé sous chaque poutre.

- Vérinage

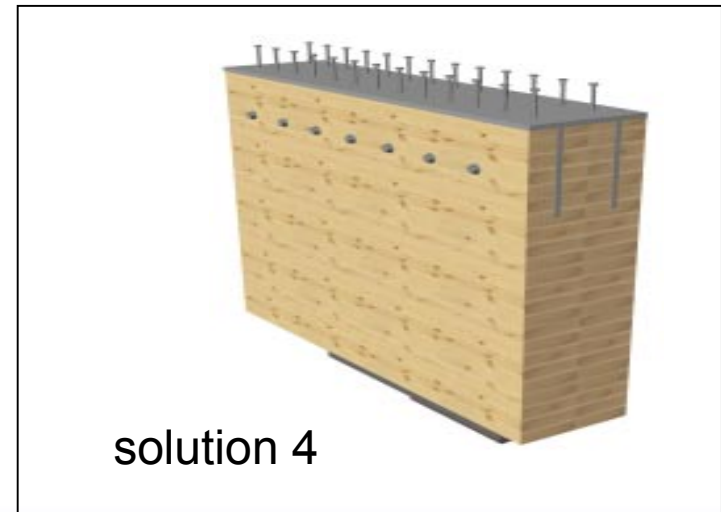
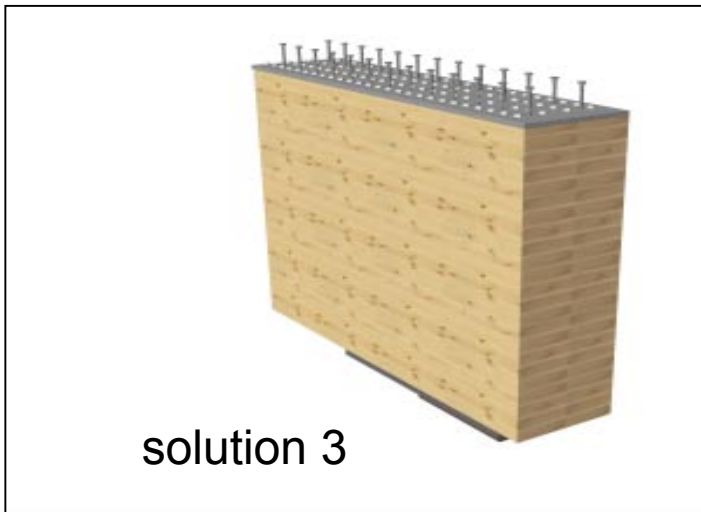
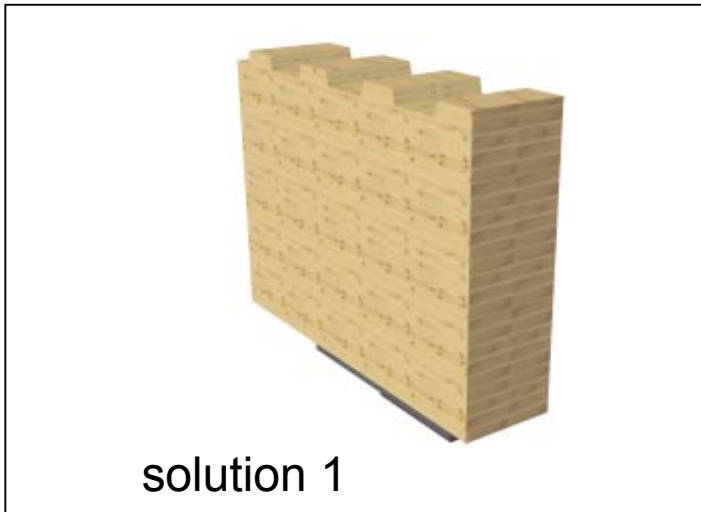
Un point de vérinage est placé sous chaque poutre afin de limiter les efforts parasites dans le tablier.



Connexion entre le hourdis et les poutres

- Plusieurs dispositifs envisagés à ce jour

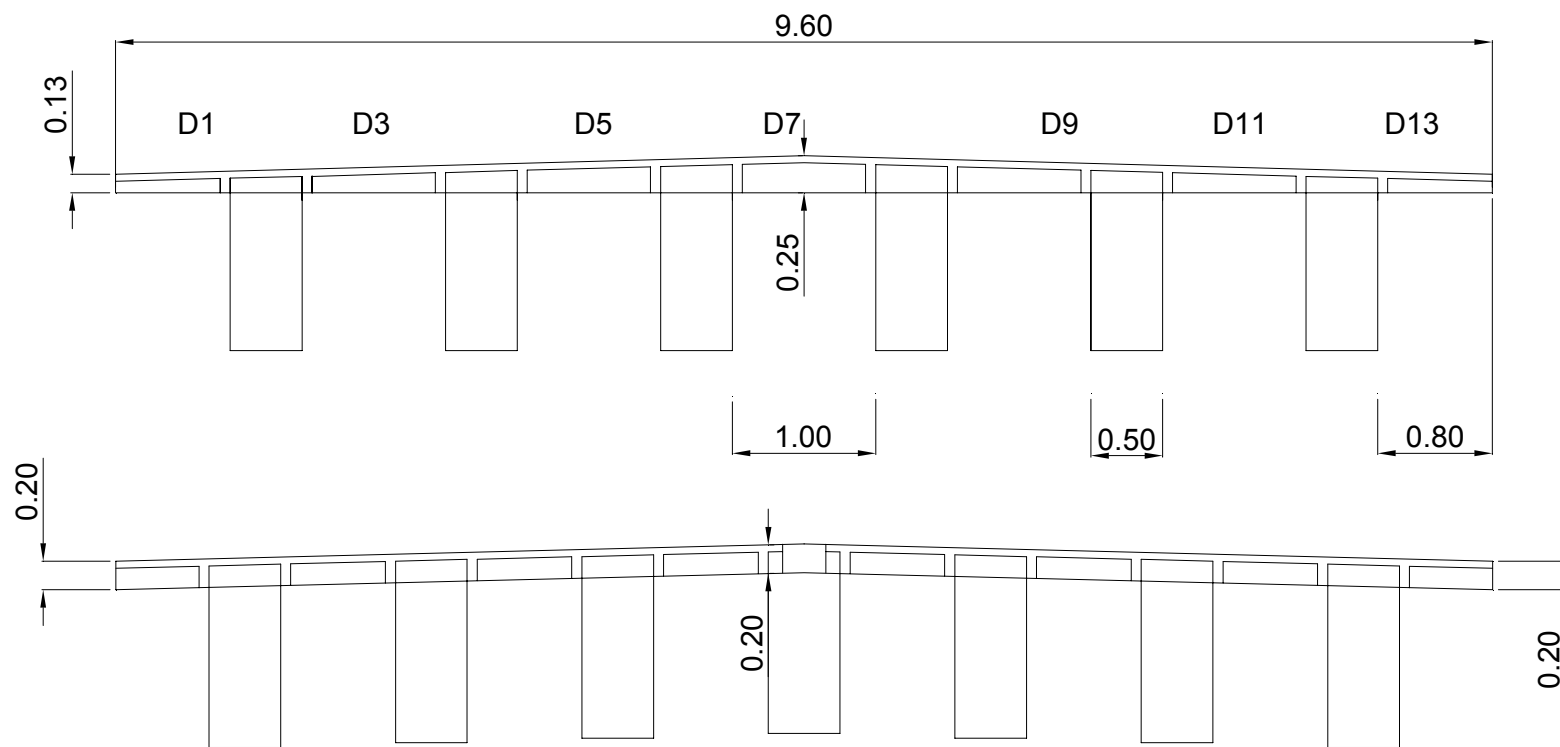
Partie courante



Dalle en BFUP

Alternative à une dalle BA classique de 22 cm
ou à une dalle BHP de 15 cm :

Dalle nervurée en béton fibré ultra-performant (BFUP)
(épaisseur équivalente 8.5 cm)

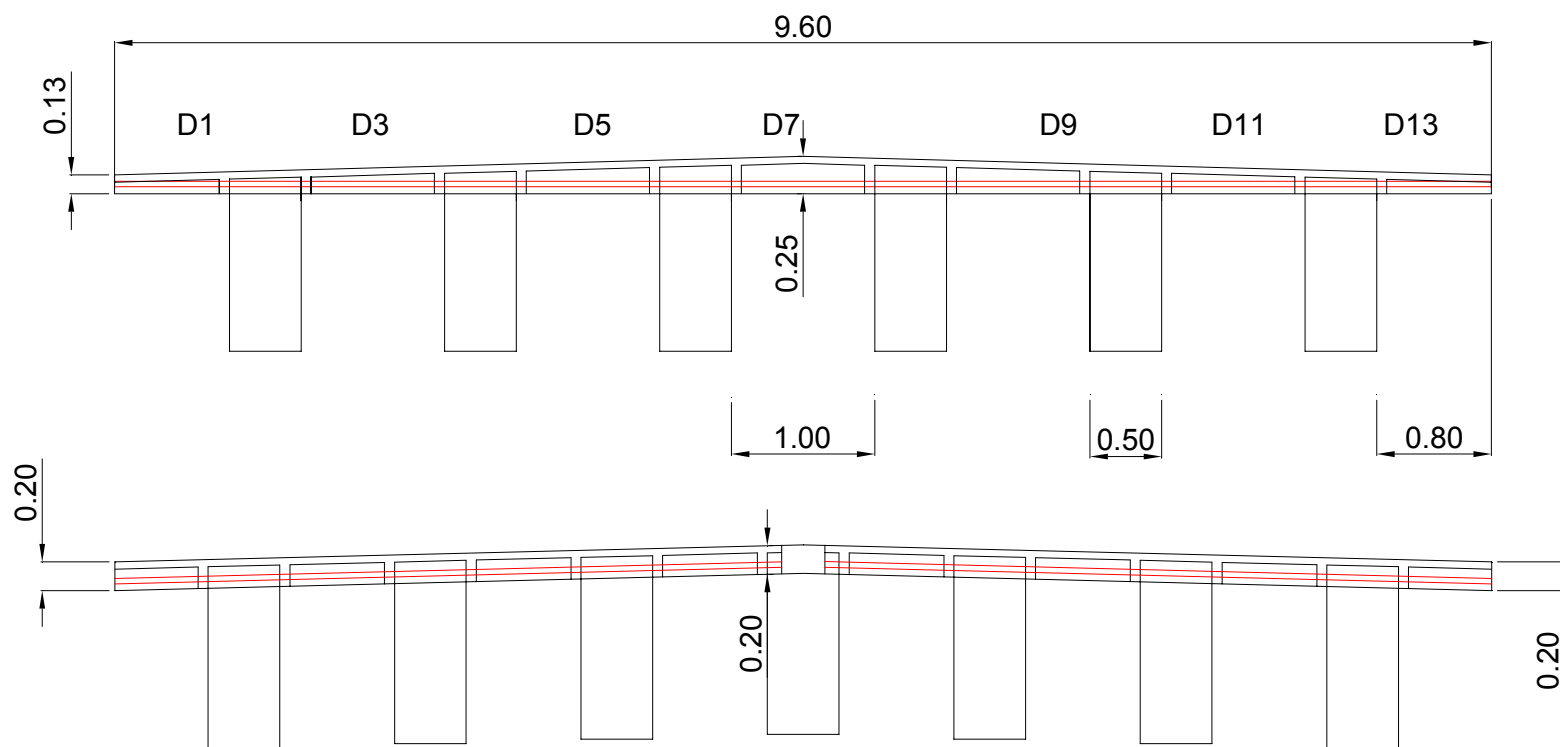


Dalle en BFUP

Éléments préfabriqués largeur totale ou 1/2 largeur.

Nervures transversales tous les 50 cm

2 torons T15S par nervure transversale



Dalle en BFUP

Dimensionnement en flexion transversale de la dalle BFUP :

Matériau $f_{ck}=150$ MPa, $E=50000$ MPa

Modèle éléments finis avec poutres en bois de 1.0 m ou 1.7 m de haut, et espace libre entre poutres de 1.0 m

Charges de l'Eurocode LM1 et LM2

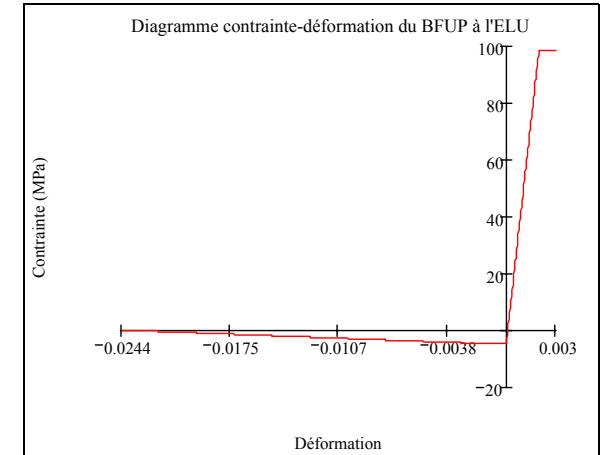
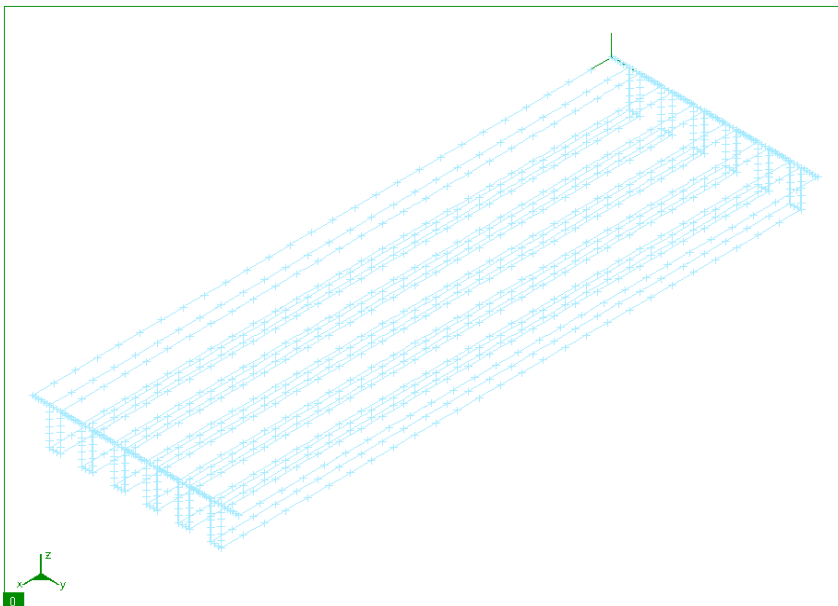
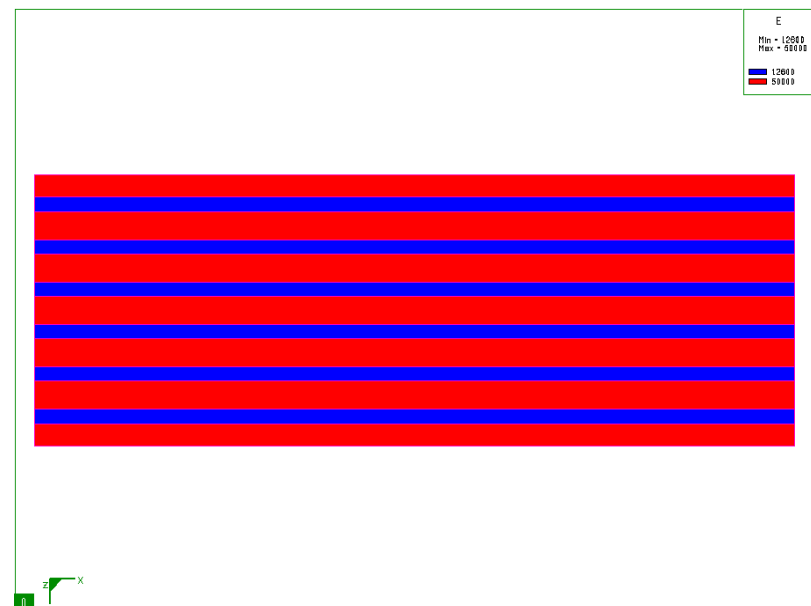


Diagramme s-e du BFUP à l'ELU



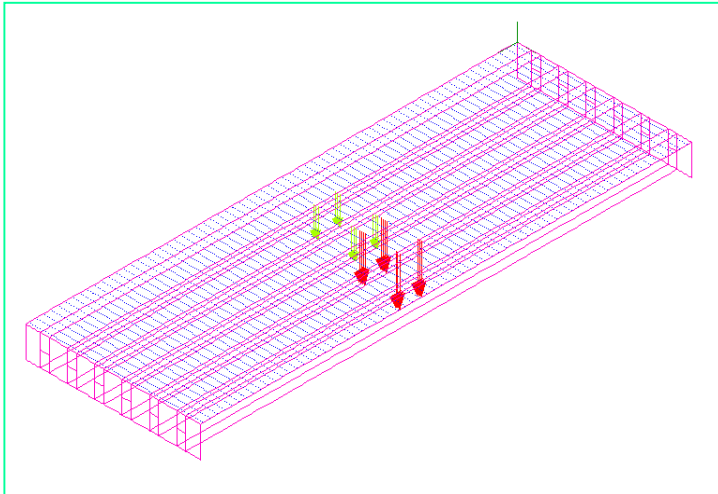
Vue 3D du modèle



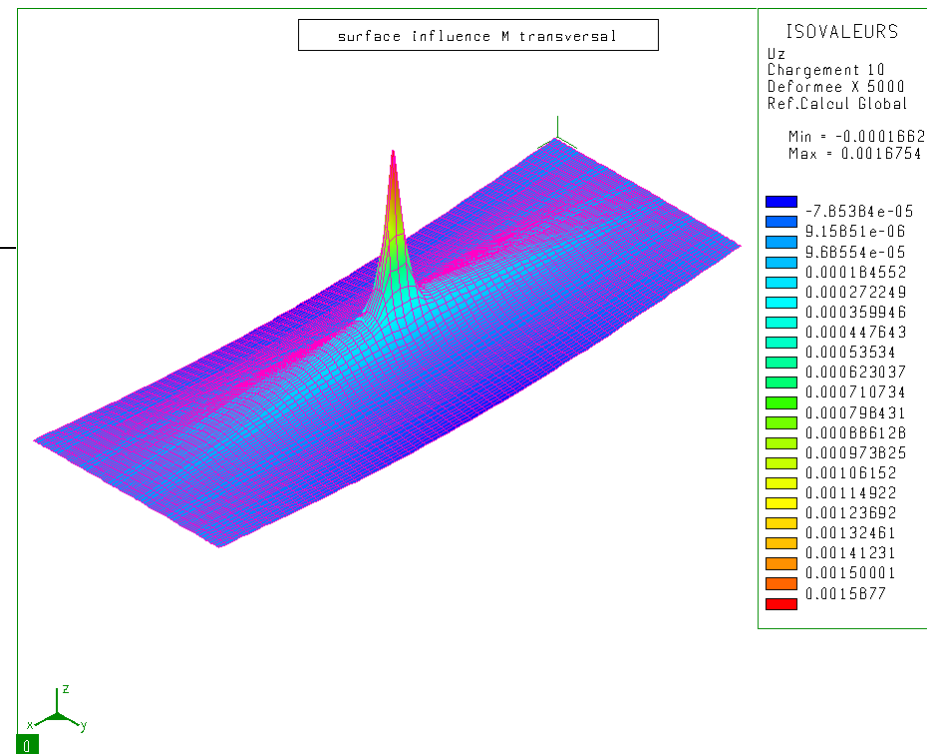
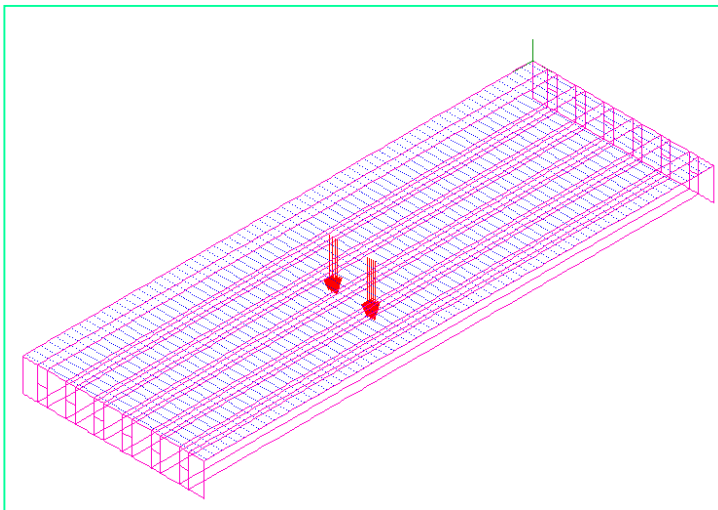
Vue de dessous du modèle

Dalle en BFUP

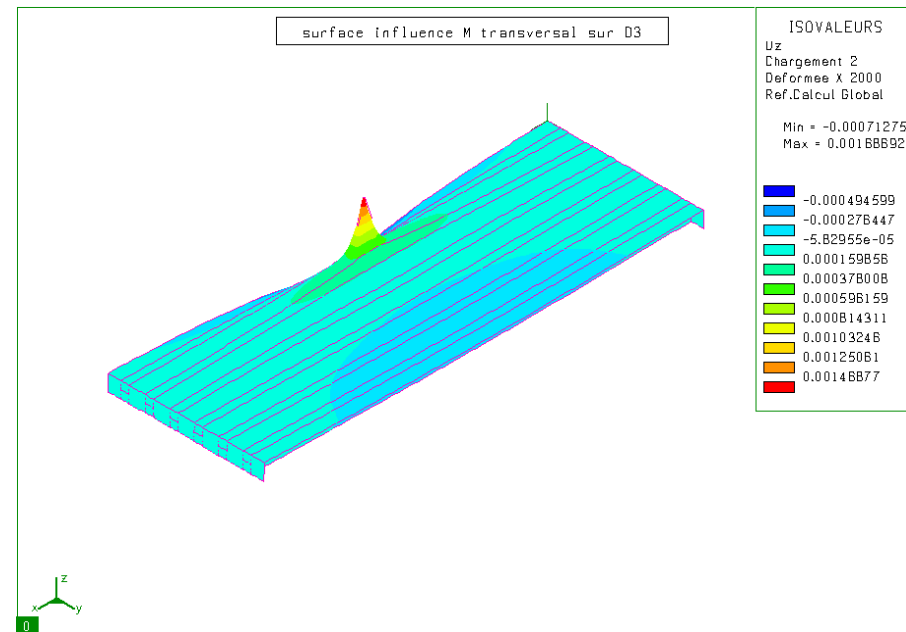
Charges de l'Eurocode LM1 et LM2



Charges de l'Eurocode

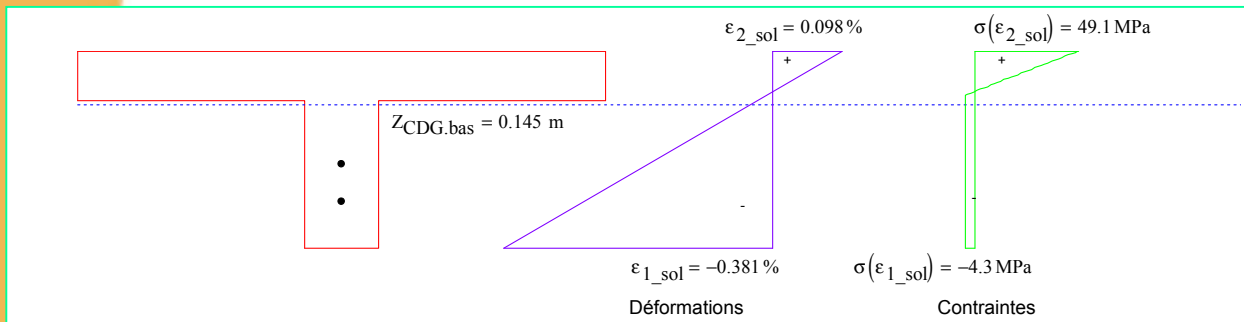
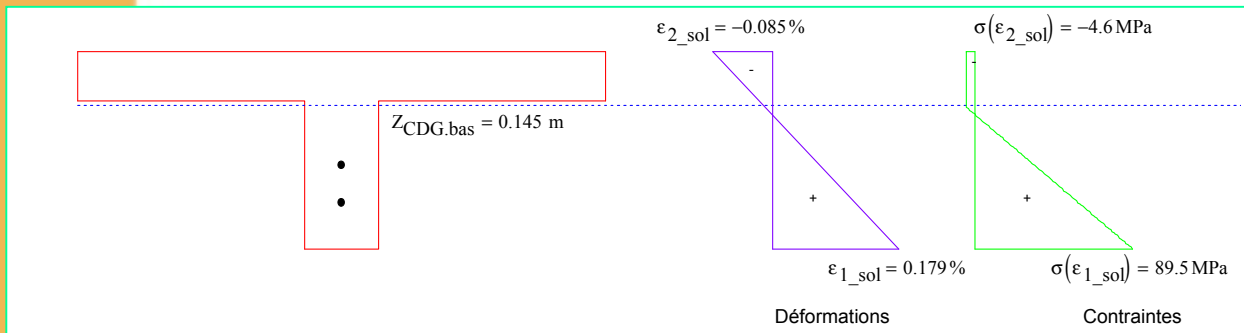


Surface d'influence de $M_{\text{transversal}}$

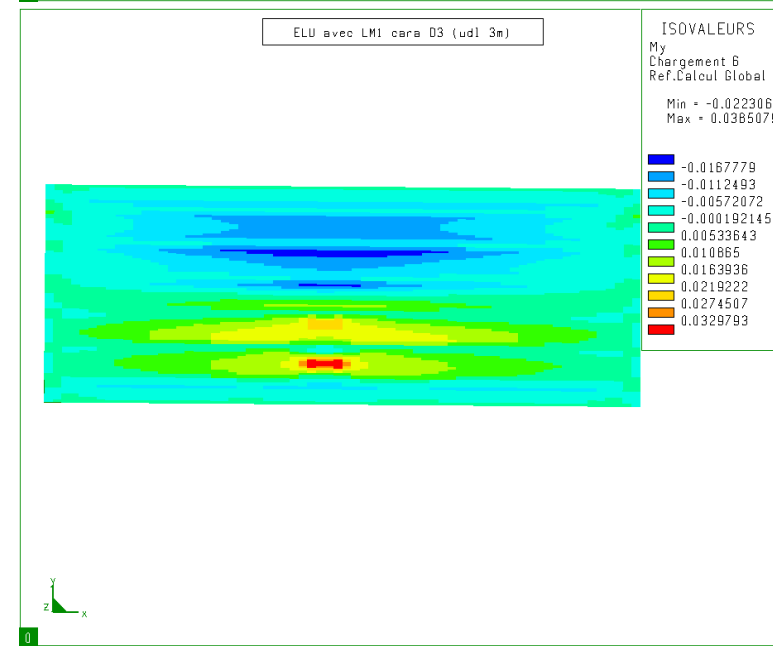
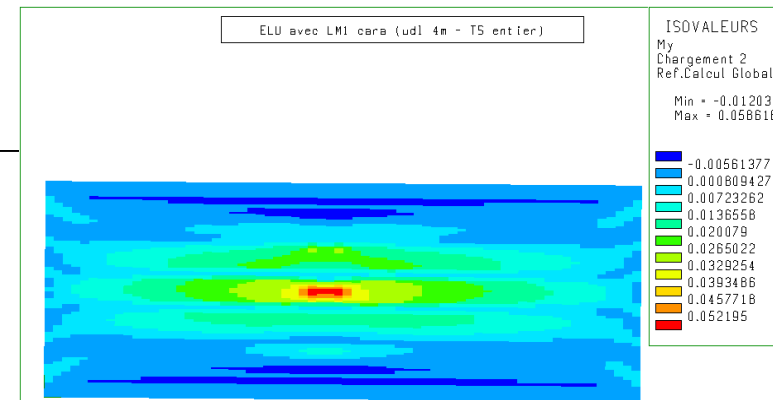


Dalle en BFUP

Efforts et vérifications en flexion



Vérification de la section à l'ELU sous $M < 0$ et $M > 0$



Moment transversal dans la dalle

Exécution du tablier

Etapes de fabrication

Préfabrication des poutres

Transport

Stockage sur chantier

Mise en place des poutres + entretoises provisoires + contreventements

Coffrage et ferrailage du hourdis

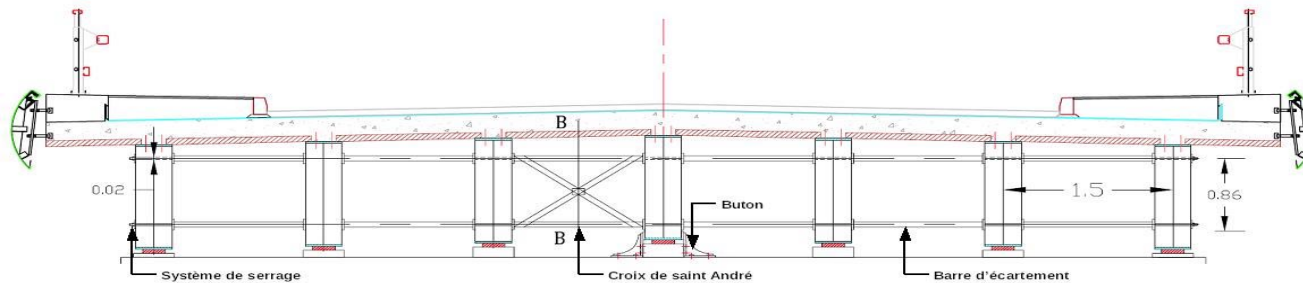
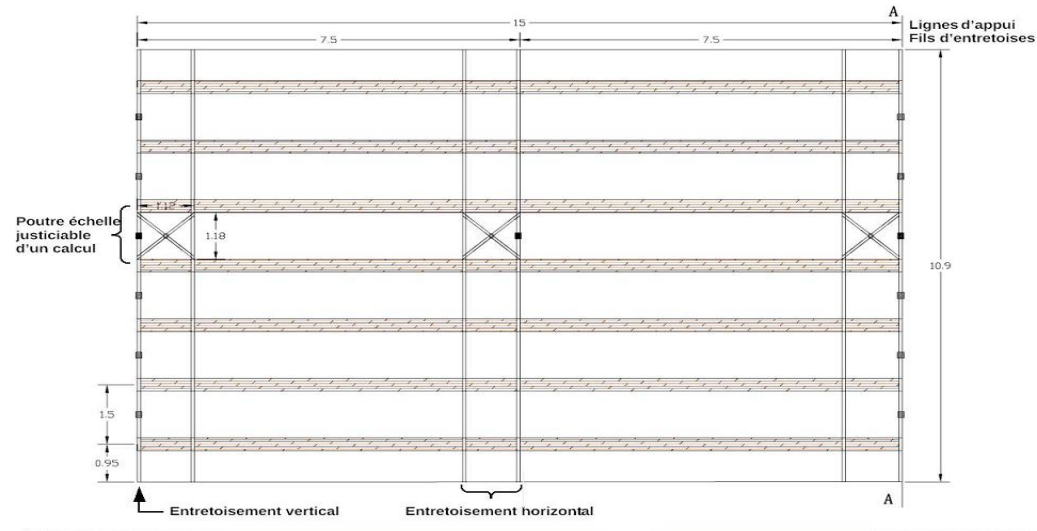
Bétonnage du hourdis

Calage des appuis définitifs

Finitions

Mise en place des poutres

- Mise en place des entretoises provisoires

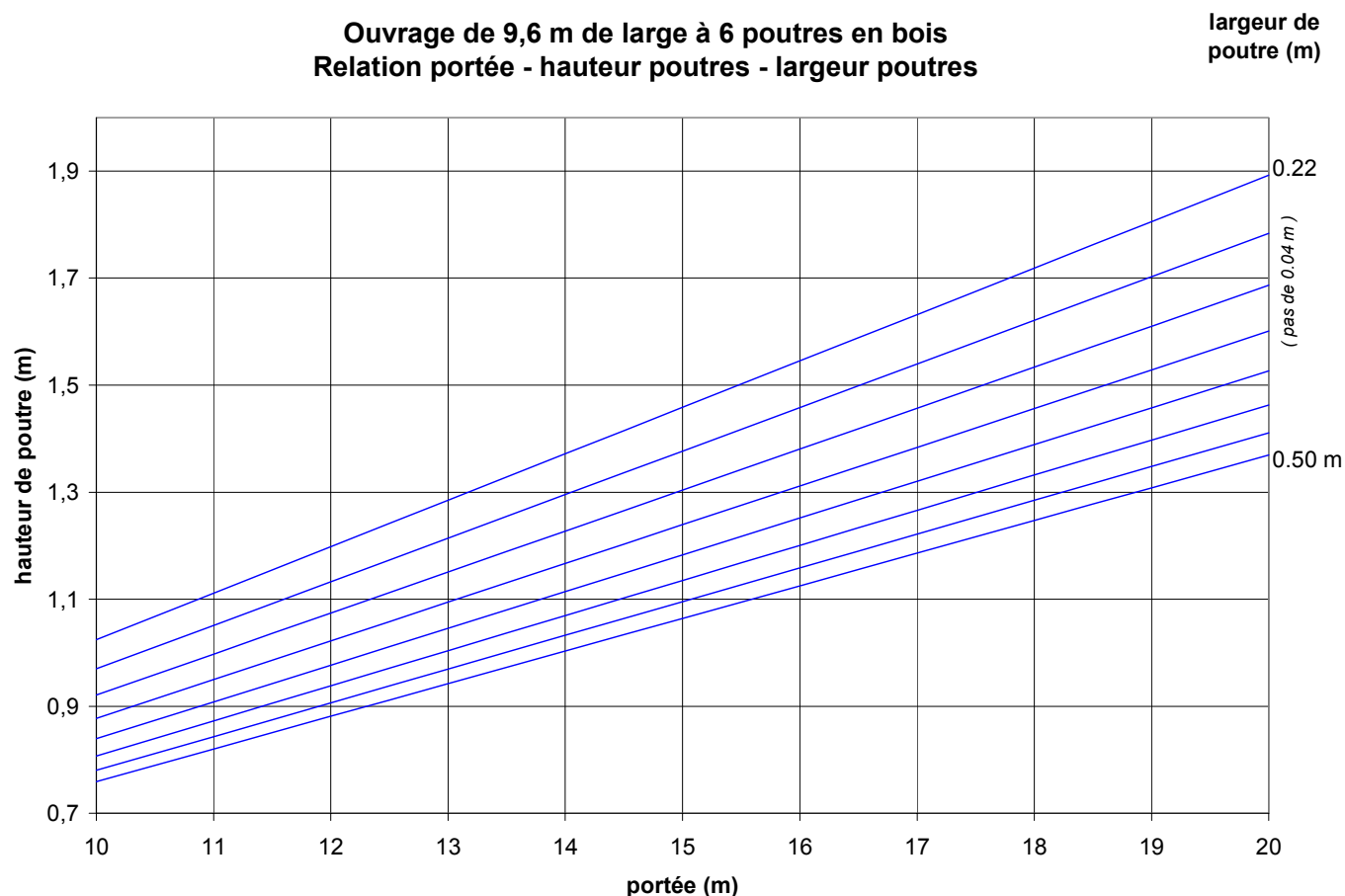


Prédimensionnement

Avec une dalle en BA : Élancement recommandé 1/15 (1/14 à 1/18)

Avec une dalle en BHP : Élancement recommandé 1/17 (1/16 à 1/20)

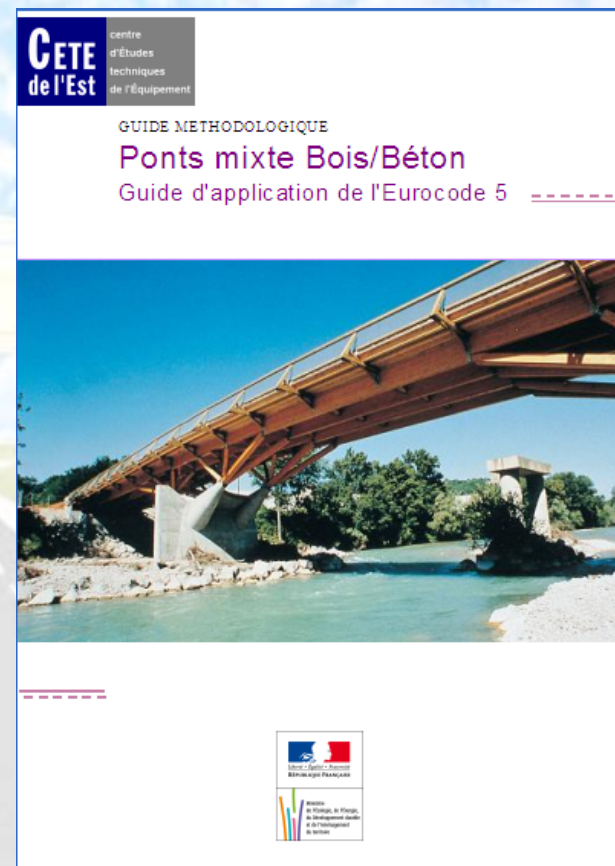
Abaques de prédimensionnement pour dalle BA ou BHP :



Abaques disponibles pour 5 à 10 poutres, avec dalle BA ou BHP

Perspectives

- Parution du guide 2011
- Construction et instrumentation d'un ouvrage-type



Merci de votre attention