

BRIDGE DECKS IN HIGH STRENGTH STEEL AND FATIGUE DESIGN

Auteur : Mouaad Souadi

Encadrement : Prof. Dr. Alain Nussbaumer<sup>1</sup> / Prof. Dr. Oliveira Pedro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Resilient Steel Structures Laboratory (RESSLAB) EPFL / <sup>2</sup> Instituto Superior Técnico (IST), IST Lisbonne

RESSLab  
Resilient Steel Structures Laboratory

1. Objectifs de l'étude

Conception et dimensionnement de trois variantes d'un pont mixte :

- Variante A en forme de I, en acier S355.
- Variante B en forme de I, en acier S690.
- Variante D avec semelle inférieure en delta, en S690.

Dans le but de savoir, L'effet de l'utilisation de l' HSS (High Strength Steel) dans les tabliers des ponts mixtes. L'étude se focalise principalement sur les problèmes d'instabilité et de fatigue.

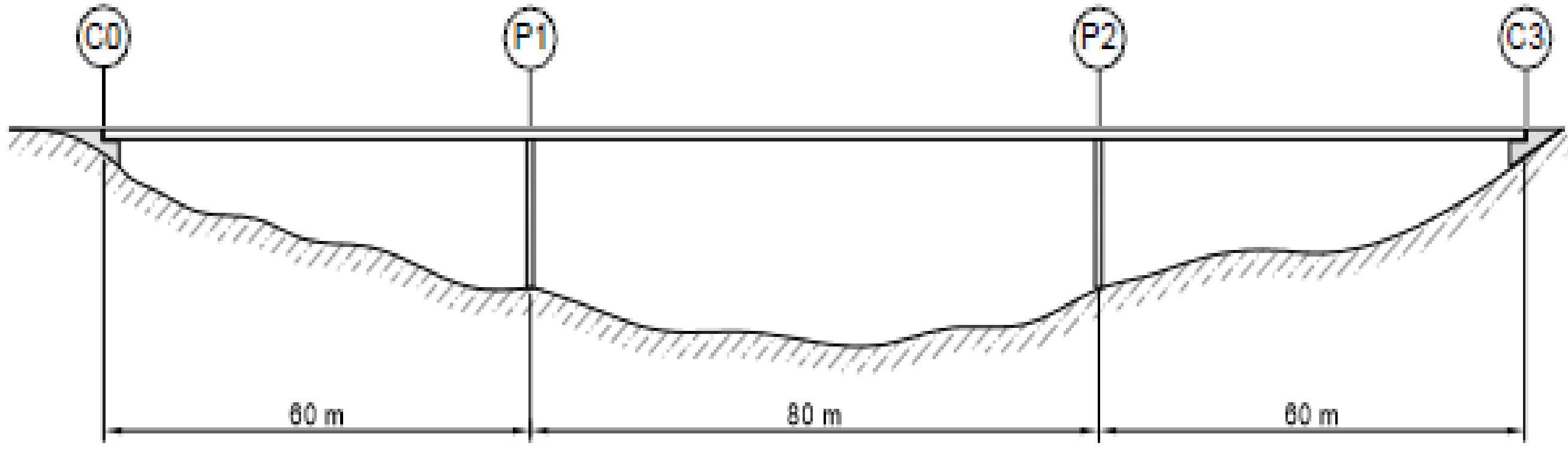


Figure 1. Elévation du pont de calcul

2. Méthodologie et modélisation

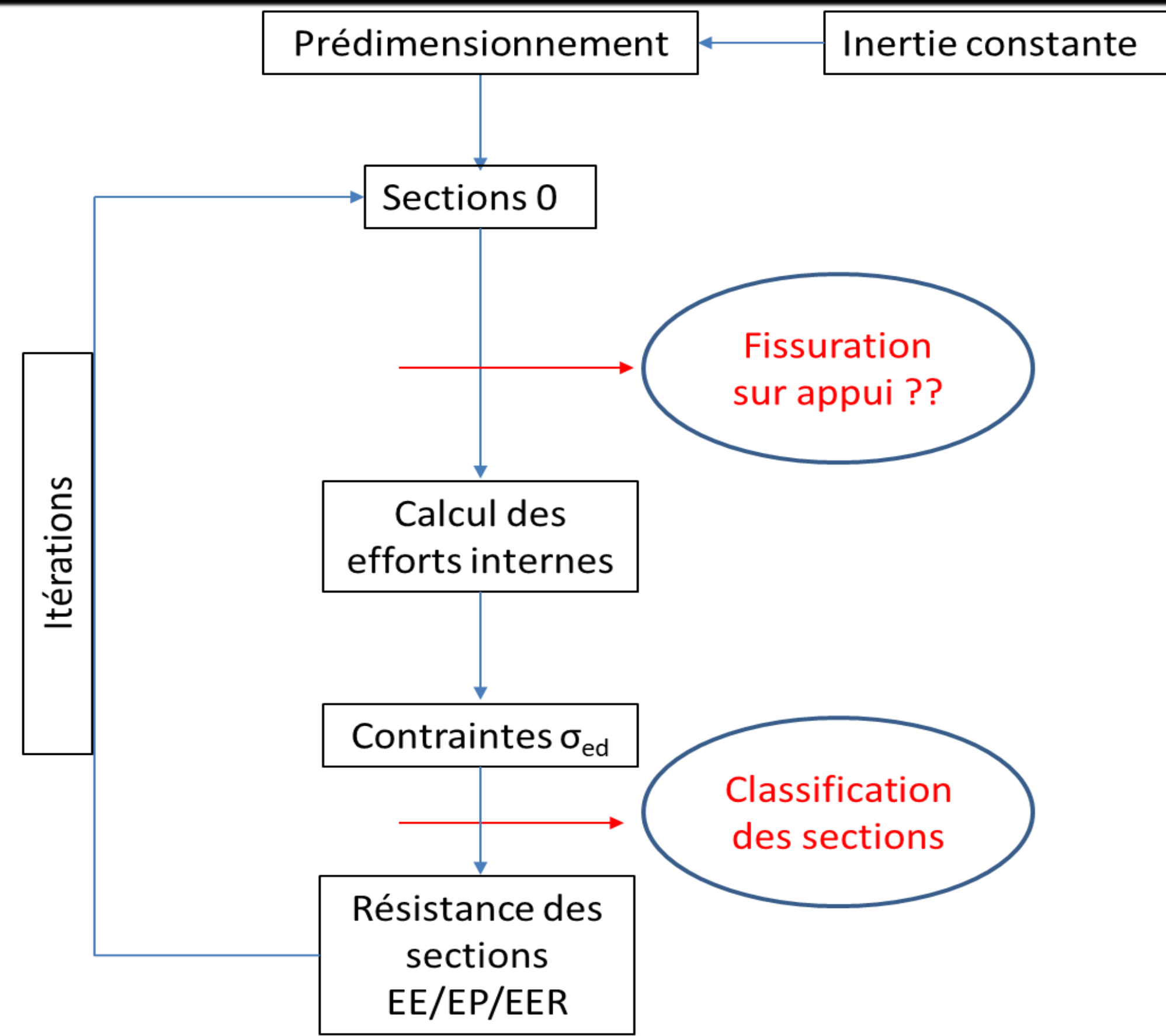


Tableau 1. Méthodologie de calcul

- Modèle Barre sur Scia Engineer
- Calcul élastique pour un pont mixte selon les modèles du tableau suivant.
- Le modèle barre selon la figure 2 est réalisé pour chaque section résistante du tableau 2.

Modèle équivalent	Section résistante	Actions
Modèle 0 	Acier seul	-poids propre de la poutre métallique -poids propre du béton frais -charge de montage
Modèle 1 	Mixte longue durée $n_p = 3 E_s/E_{cm} = 18$	-Revêtement -Glissière -Fluage
Modèle 2 	Mixte avec effet du retrait $n_s = 2 E_s/E_{cm} = 12$	-Effort normal dû au retrait $N_{cs}$ -Moment dû au retrait $M_{cs}$
Modèle 3 	Mixte courte durée $n_b = E_s/E_{cm} = 6$	-Trafic ( $Q_k$ et $q_k$ ) -Température

Tableau 2. Différentes sections résistantes et actions correspondantes



Figure 2. Modèle élément finis sur SCIA Engineer

3. Analyse de la fissuration de la dalle sur appui intermédiaire

Analyse selon la méthode de L'eurocode 4, chiffre 5.4.2, en deux étapes.

- Étape 1: calcul des moments fléchissant à l'ELS rare avec prise en compte du béton tendu sur appui
- Étape 2: si la contrainte de traction ne dépasse pas le double de la contrainte de traction moyenne du béton alors, le béton n'est pas fissuré. Autrement il faut recalculer les efforts internes avec béton fissuré.
- Méthode de bétonnage par pianotage limite la fissuration de la dalle en béton C35/45 ( $f_{ctm}=3.2$  N/mm<sup>2</sup>)
- L'avantage de la méthode de bétonnage est que les charges dues au poids propre de la structure (Modèle 0 du tableau 2) ne s'applique pas dans la combinaison ELS rare de vérification. Ceci est dû au fait que les appuis sont bétonnés en dernier.

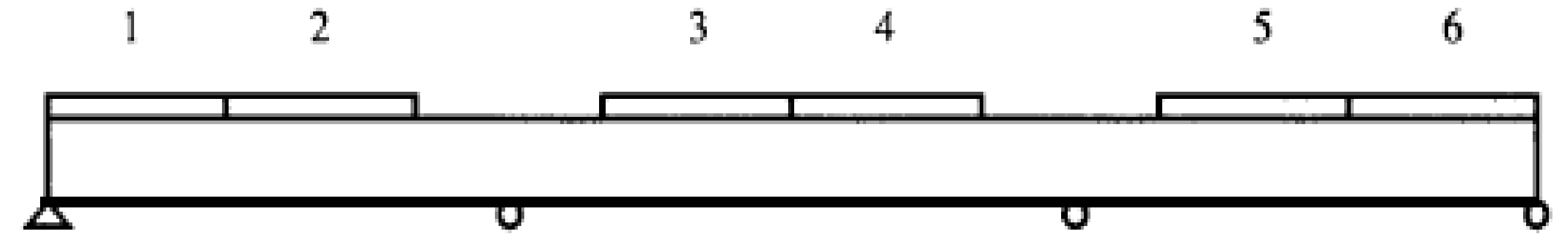


Figure 3. Schéma du Bétonnage par pianotage

Modèle	$M_{ed}$ [KNm]	$I_b \cdot 10^{11}$ [mm <sup>4</sup> ]	$\sigma_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	-7703	4.78	1.16
2	-366	5.35	0.06
3	-24200	6.44	5.05
			$\Sigma=6.27$ N/mm <sup>2</sup>

Tableau 3. Contraintes de traction dans la fibre extrême de la dalle de béton, Variante B

Modèle	$M_{ed}$ [KNm]	$I_b \cdot 10^{11}$ [mm <sup>4</sup> ]	$\sigma_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	-7730	4.38	1.11
2	-487	4.82	0.08
3	-24389	5.59	5.19
			$\Sigma=6.38$ N/mm <sup>2</sup>

Tableau 4. Contraintes de traction dans la fibre extrême de la dalle de béton, Variante D

4. Sections finales des trois variantes

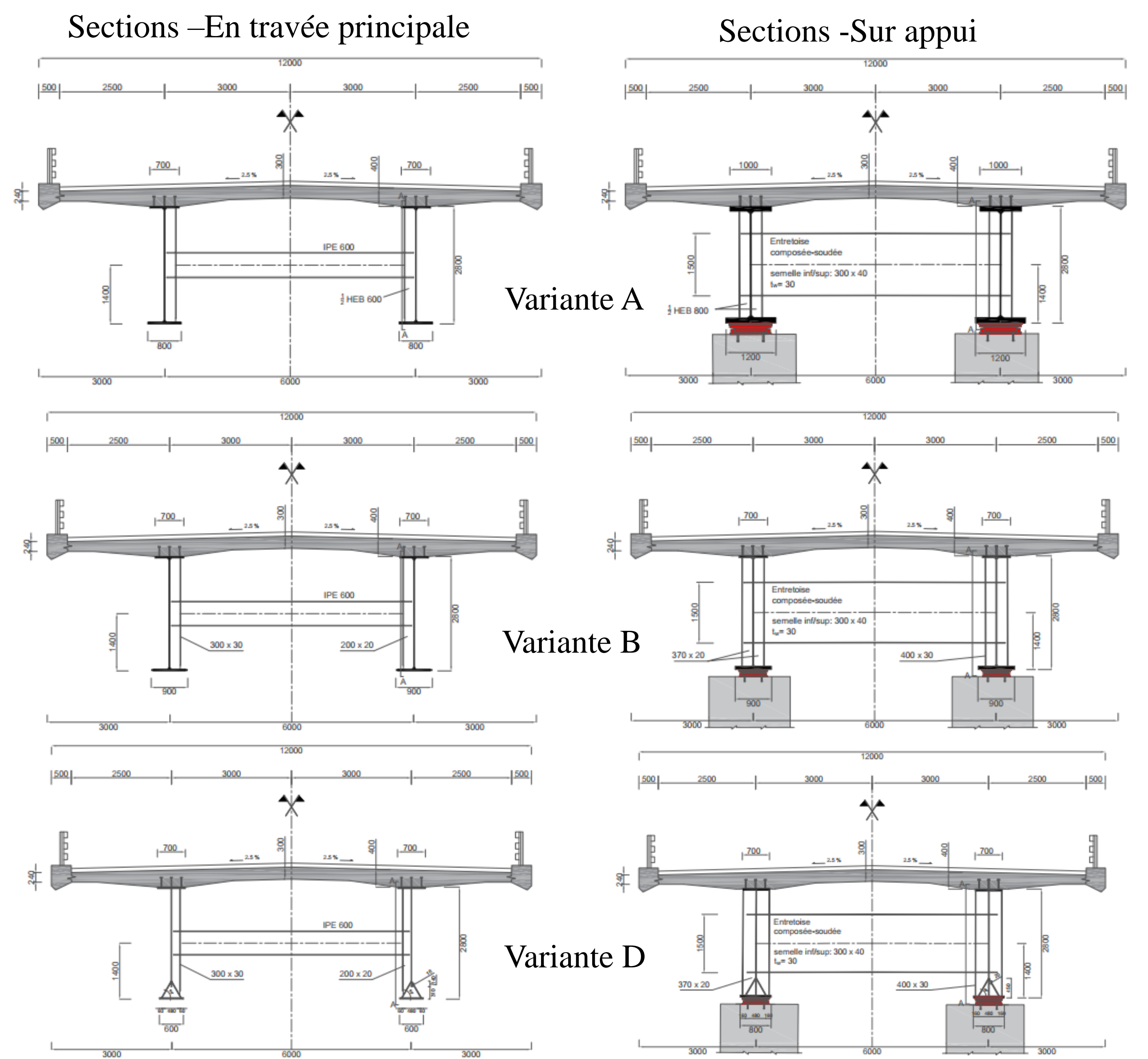


Figure 4. Sections finales des variantes étudiées

5. Exemple de vérification à la fatigue

- Détail : Attache transversale du raidisseur vertical à la mi-travée P1-P2 de la variante B (en S690)
- La vérification n'est pas satisfaite à la fatigue
- Solution avec technique de parachèvement, par exemple avec martelage à aiguilles ou avec refusion du cordon TIG (Tungsten Inert Gas).

Détail	Attache de l'âme du raidisseur	
	En travée	
$M_{stat,max}$	6868	KNm
$M_{stat,min}$	-1125	KNm
$W_{t,eff}$	1.511E+08	mm <sup>3</sup>
$\gamma_{Mf}$	108.3	Mpa
$\Delta\sigma_c$	80	MPa
$n$	0.74	[-]
Vérification	KO	

Tableau 5. Vérification à la fatigue du détail (figure 5)

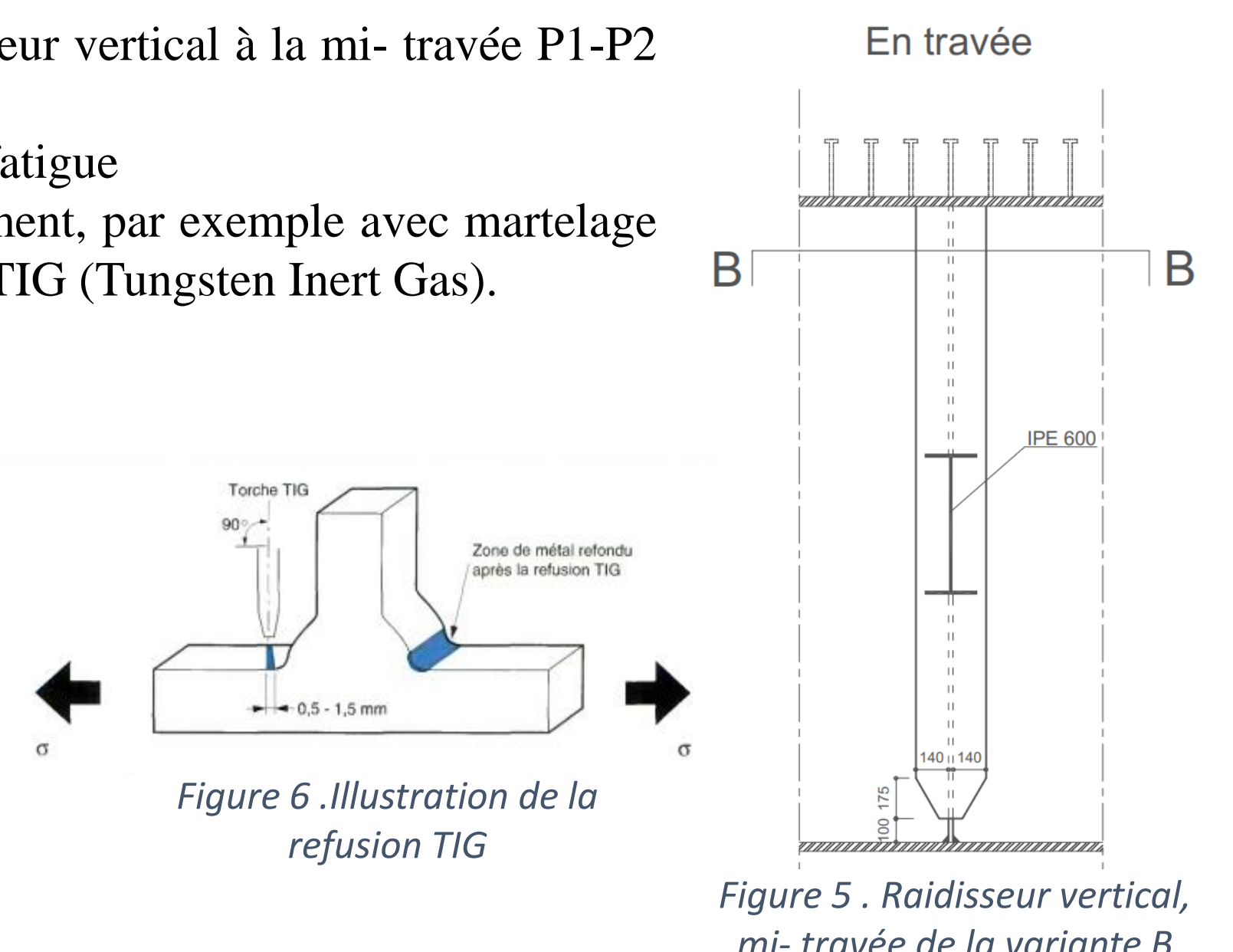


Figure 5. Raidisseur vertical, mi-travée de la variante B

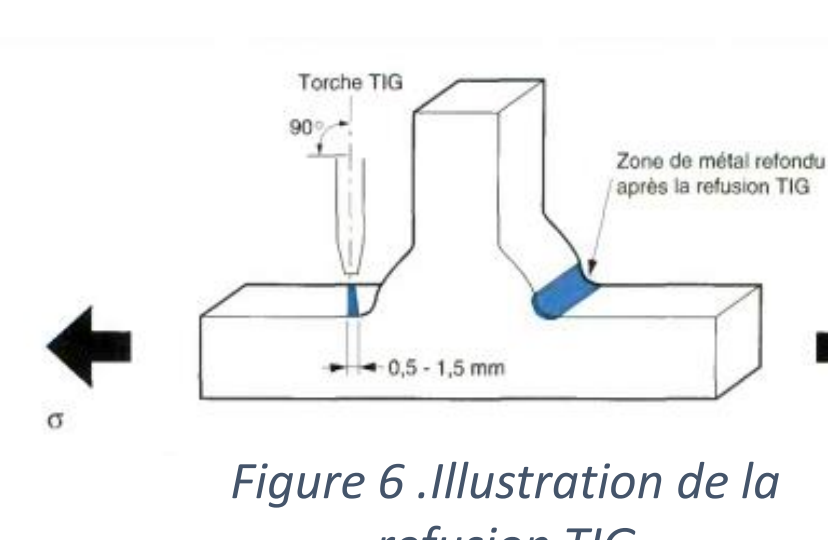


Figure 6. Illustration de la refusion TIG

6. Conclusions principales

- La méthode de bétonnage par pianotage permet d'avoir une section non fissurée sur appui, et a une influence positive sur le comportement et la durabilité de la dalle en béton dans les ponts mixtes.
- L'utilisation de l'acier à haute résistance HSS permet une réduction du poids propre d'environ 30% (Variante B vs A)
- L'utilisation d'une semelle inférieure en delta (variante D) améliore la résistance au déversement de la poutre métallique (entretroisement de 8 m contre 6 m pour la variante B)
- La fatigue devient un critère déterminant lors de la construction avec un acier HSS
- Des méthodes de parachèvement sont nécessaires dans les variantes B et D pour satisfaire la résistance à la fatigue de quelques détails.