



---

*Intérêts d'une solution Ductal®  
Ponts d'autoroutes*

---

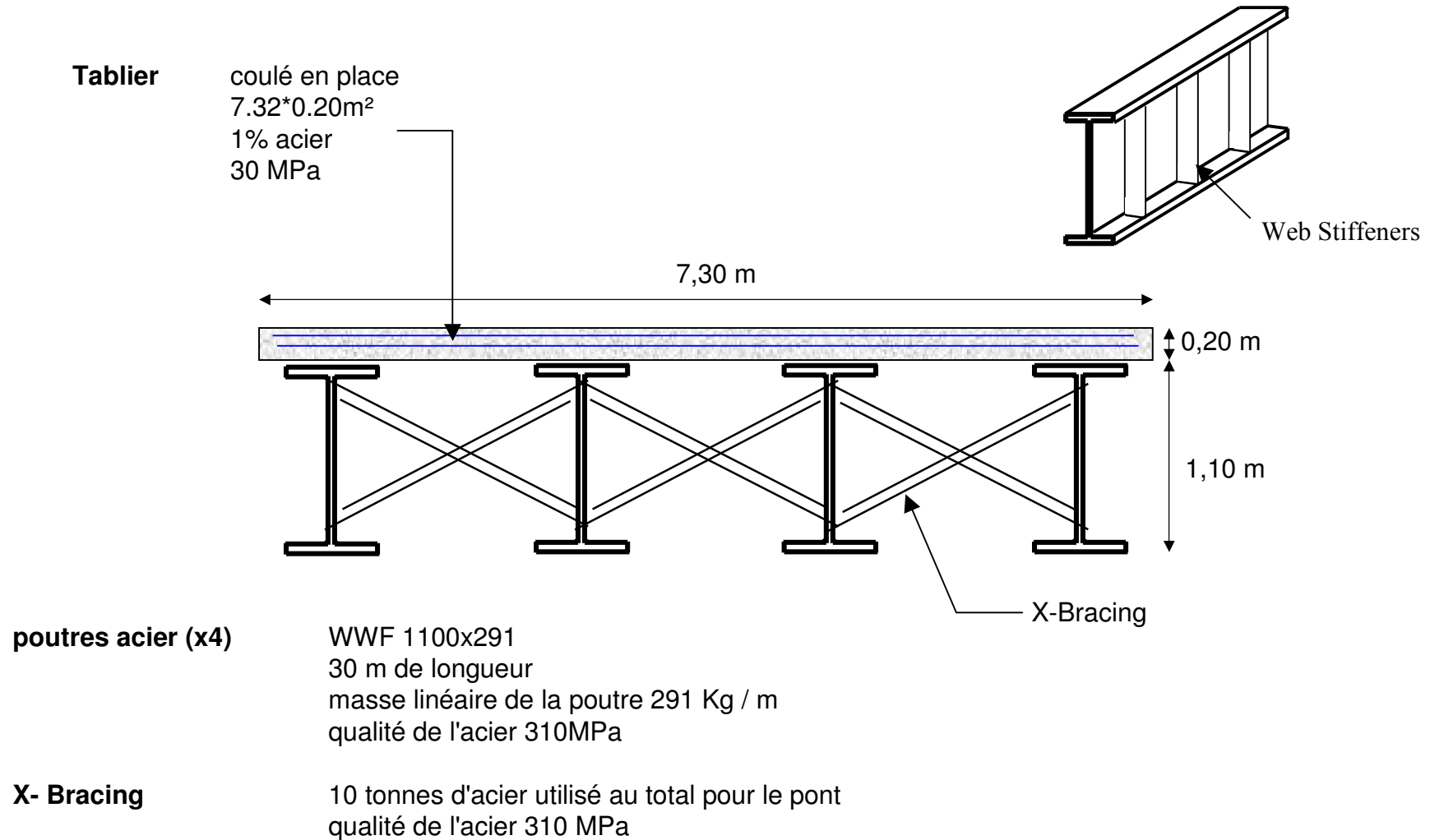
*Comparaison environnementale de 2 solutions  
Pont de 2 voies, 30m de portée, 7,32m de large*

# Présentation des 2 solutions

- Pont mixte: structure acier avec tablier béton
- Pont Ductal®

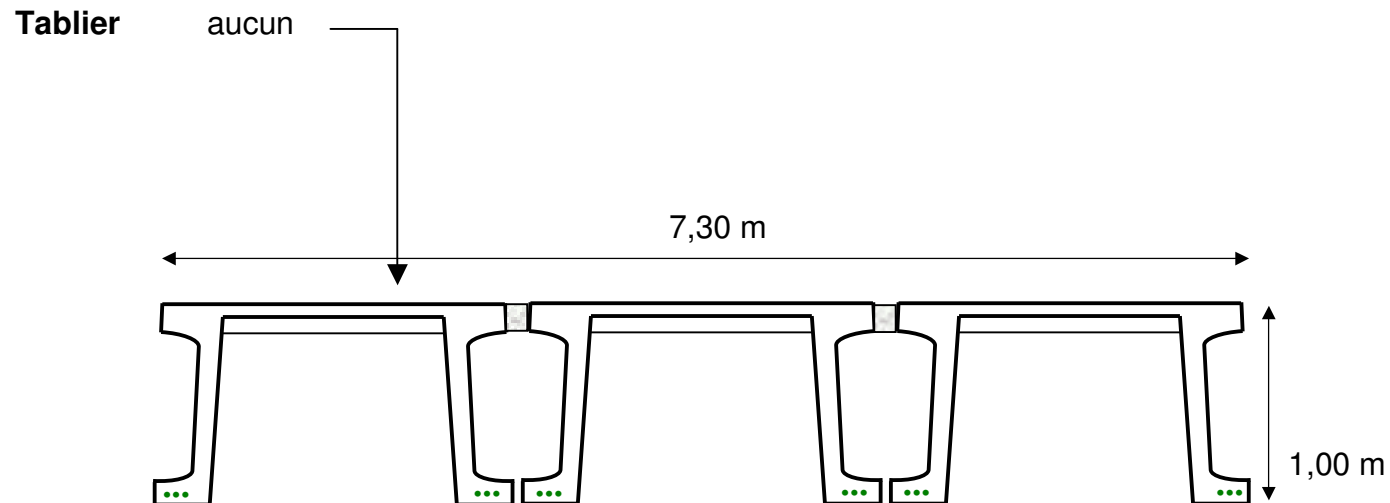
# Solution Mixte Acier/Béton

## section type



# Solution Ductal®

## section type



### Structure Ductal® (x3)

d'après une étude du MIT  
30 m de longueur  
section : 0,418 m<sup>2</sup>  
30 torons de section 150 mm<sup>2</sup> pour précontrainte  
le Ductal® contient des fibres métalliques (166 Kg acier/m<sup>3</sup> Ductal®)

# Mise en œuvre sur chantier

- Pont mixte: structure acier avec tablier béton
- Pont Ductal®

# Solution mixte Acier/Béton

mise en œuvre chantier



+

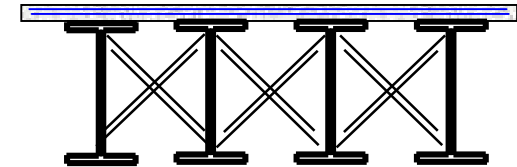
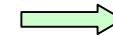


← Armatures  
Gainage époxy

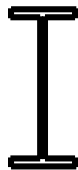


Tablier

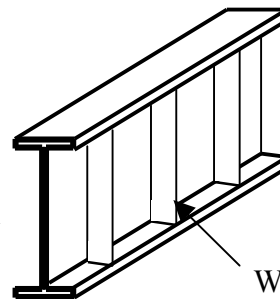
+



Section du pont



4 X

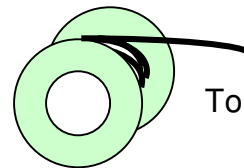
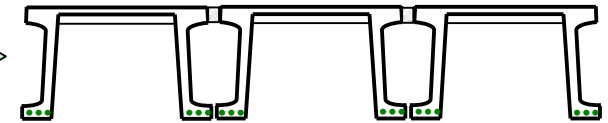
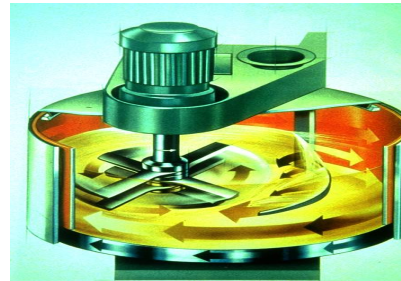
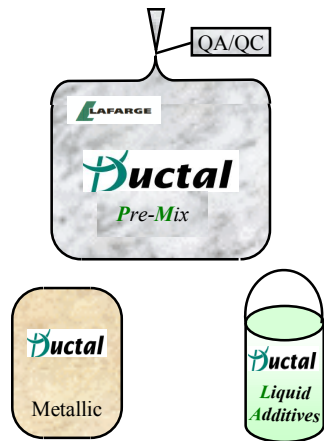


Web Stiffeners

WWF1100 x 291  
Steel Girder

# Solution Ductal®

mise en œuvre chantier



Torons de précontrainte

# Calculs

- Quantités de matériaux nécessaires à la construction
- Données environnementales des matériaux
- Hypothèses de travail
- Impacts environnementaux des différentes solutions
- Conclusions



# Calculs quantités de matériaux

## ■ Solution mixte acier-béton

### □ Tablier

- Béton 30MPa  $7.32 \times 0.20 \times 30 = 43.92 \text{ m}^3$
- Acier armatures (1%)  $7.32 \times 0.20 \times 30 \times 0.01 = 0.44 \text{ m}^3$

### □ Structure

- Acier poutres  $4 \times 30 \times 291 = 34920 \text{ Kg}$   
 $\quad \quad \quad /7800 = 4.48 \text{ m}^3$
- Acier X-Bracing  $10\ 000/7800 = 1.28 \text{ m}^3$

## ■ Solution Ductal®

### □ Tablier néant

### □ Structure

- Ductal®  $3 \times 0.418 \times 30 = 37.62 \text{ m}^3$
- Acier précontrainte  $3 \times 30 \times 150 \times 10^{-6} \times 30 = 0.41 \text{ m}^3$

# Données env. matériaux

Source: Athena SMI for Vancouver

Matériaux	Densités (Kg/m <sup>3</sup> )	Énergie directe de Production (GJ/m <sup>3</sup> )	Part Électricité (GJ/m <sup>3</sup> )	Énergie Primaire (GJ/m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> Total (Kg/m <sup>3</sup> )	NOx Total (Kg/m <sup>3</sup> )	CH <sub>4</sub> Total (Kg/m <sup>3</sup> )	GWP (100 ans) (Kg CO <sub>2</sub> EQU/m <sup>3</sup> )
Béton 30 MPa	2324	1,999	0,233	2,039	370,8	2,07	0,15	690,8
Béton 60 MPa	2386	2,387	0,251	2,442	393,4	2,27	0.17	744,6
Acier précontrainte	7800	—	—	84.94	17 123	55.38	30.65	27 361
Acier armatures	7800	—	—	84.94	17 123	55.38	30.65	27 361
Acier structurel	7800	—	—	84.94	17 123	55.38	30.65	27 361
Ductal®	2500	—	—	6.62	1 138	5,68	0,97	2 051

## Mode de calculs des données env.

- L'énergie primaire prend en compte l'énergie nécessaire à la production de la part électrique ainsi que celle nécessaire à la production et l'acheminement des fuels et autres.

Exemple de calcul pour le béton 30MPa:

<b>Énergie directe</b>	part électrique	0.233
	part fuel	1.766
	<b>Total (GJ/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1.999</b>

<b>Énergie primaire</b>	$1.766 * 1.05 + 0.233 * 0.794$	<b>2.039</b>
-------------------------	--------------------------------	--------------

\* on considère un supplément de 5% pour la production du fuel

\* on considère qu'il faut 0.794 MJ d'énergie primaire par MJ d'électricité

- Pour le calcul du CO<sub>2</sub>, on applique la même démarche. Pour l'exemple:

<b>Émissions directes</b>	<b>Kg de CO<sub>2</sub></b>	<b>279.7</b>
<b>Émissions primaires</b>	$279.7 * 1.05 + 0.233 * 10^3 * 0.331$	<b>370.8</b>

\* on considère un supplément de 5% pour la production du fuel

\* on considère une émission de 0.331 Kg de CO<sub>2</sub> par MJ d'électricité

## Mode de calculs des données env.

- **Acier pour armature:** données d'Athena SMI pour la région Centre des États-Unis qui correspond au plus près à la moyenne nationale. On suppose que tout l'acier provient d'acier de recyclage et est produit dans des fours-électriques. Les données comprennent la préparation et le transport de l'acier à recycler, la production des armatures, le transport vers le site de construction (400 Km).
- **Acier structurel:** faute de chiffre, on prend les mêmes que pour l'acier d'armature. En réalité, les chiffres seraient plus élevés puisque l'énergie et les émissions de production sont sous-évaluées.
- **Ductal®** n'ayant pas de valeurs exactes, voici le mode de calcul choisi pour les définir : l'impact est le double de celui du béton 60 MPa (ce qui équivaut bien à la quantité de ciment présente dans le Ductal®) auquel on rajoute 160 Kg/m<sup>3</sup> de fibres métalliques. Cette approximation est une approximation très haute de l'impact du matériau.

Exemple de calcul pour le CO<sub>2</sub>:

$$2*393,4+160/7800*2195,3 \qquad \qquad \qquad \mathbf{831,8 \text{ Kg/m}^3}$$

- **Mode de calcul GWP (Global Warming Potential)**

Se calcule sur 20 ans. Tous les gaz sont ramenés en équivalent CO<sub>2</sub>

Ici l'équation est la suivante: **GWP (Kg) = CO<sub>2</sub>(Kg) + 150\*NO<sub>x</sub>(Kg) + 63\*CH<sub>4</sub>(Kg)**

(mode de calcul utilisé par Athena SMI)

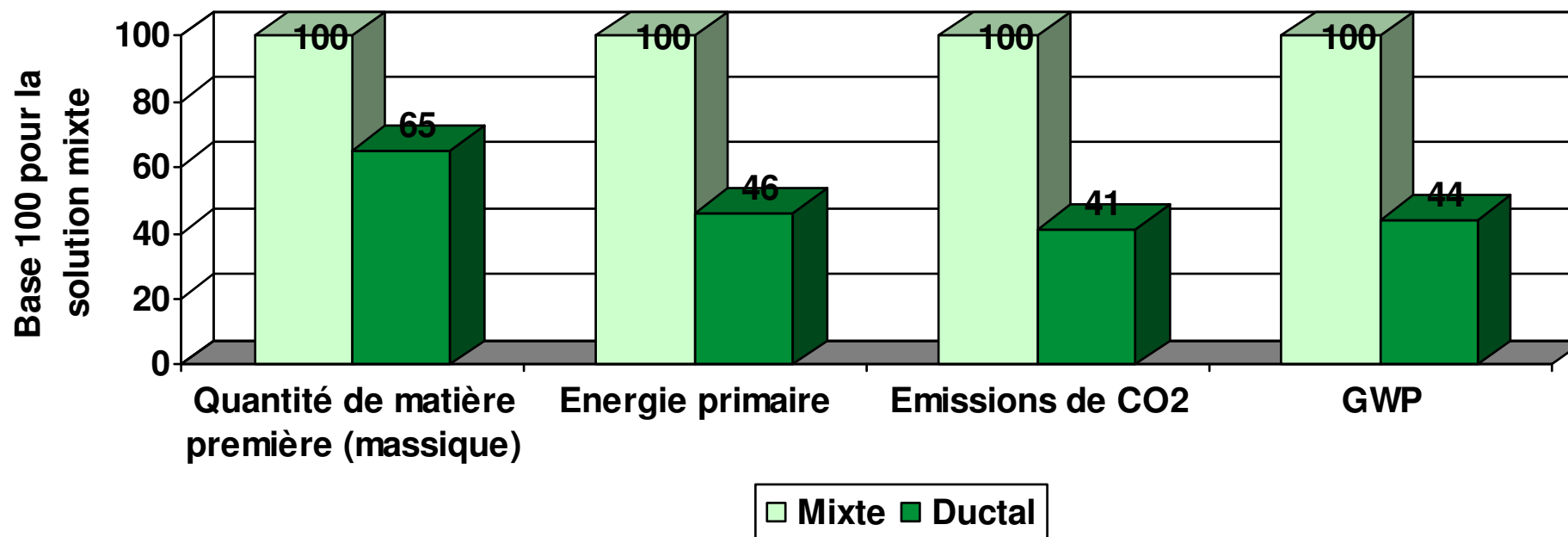
# Calculs Environnementaux Structure Mixte Acier /Béton

		Quantités (m <sup>3</sup> )	Quantités (t)	Energie Primaire (GJ)	Emissions CO <sub>2</sub> (Kg)	GWP (Kg equ. CO <sub>2</sub> )
Tablier	B30	43,92	102,07	89,55	16 286	30 340
	Armatures acier	0,44	3,43	37,37	7 534	12 039
Structure	Acier	5,76	44,93	489,25	98 628	157 599
<b>Total</b>		<b>50,12</b>	<b>150,43</b>	<b>616,17</b>	<b>122 448</b>	<b>199 978</b>

# Calculs Environnementaux Structure Ductal®

		Quantités (m <sup>3</sup> )	Quantités (t)	Energie Primaire (GJ)	Emissions CO <sub>2</sub> (Kg)	GWP (Kg equ. CO <sub>2</sub> )
Tablier	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
Structure	Ductal	37,62	94,05	249,04	42 812	77 159
	Acier précontrainte	0,41	3,20	34,83	7 020	11 218
<b>Total</b>		<b>38,10</b>	<b>97,25</b>	<b>283,87</b>	<b>49 832</b>	<b>88 377</b>

# Comparaison des 2 solutions



# Points à retenir

- Net avantage sur tous les indicateurs de la solution Ductal® par rapport à la solution mixte acier/béton:
  - Matières premières extraction divisée par 1,3
  - Énergie primaire consommation divisée par 2,1
  - Émissions de CO<sub>2</sub> divisées par 2,4
  - GWP divisé par 2,1