



**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

# Innovation : pont mixte bois/béton

Journée technique du 1<sup>er</sup> février 2017

Direction Infrastructures Transports et  
Matériaux

Auteur : Ph. JANDIN

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Sommaire

- Le bois
- Les ponts en bois : état des lieux
- Intérêt de l'association du bois et du béton
- La présentation du concept
- Les produits valorisables

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Le bois

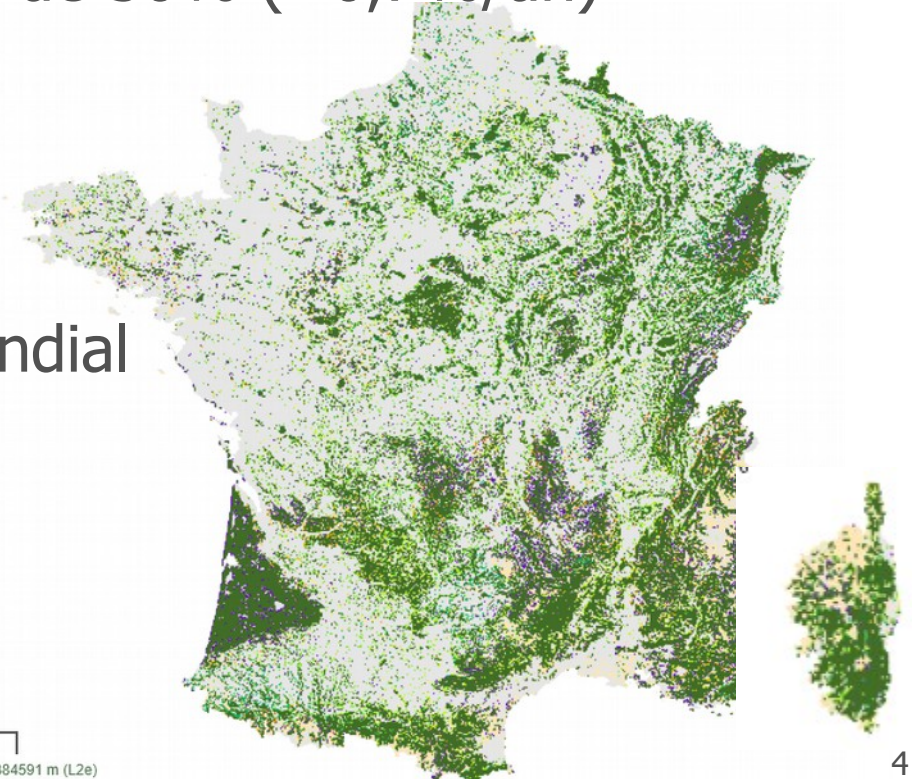
- Matériau utilisé depuis toujours
- Ressource abondante et renouvelable



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Le bois

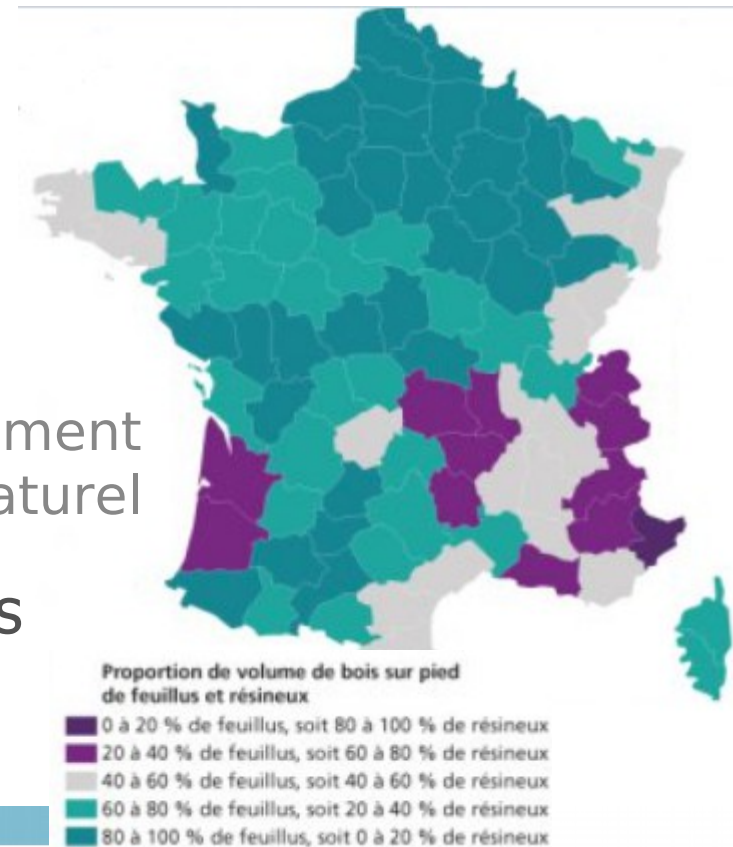
- Forêt en France :
  - Taux de boisement de 30% (+0,7%/an)
  - 16,7 M Ha
  - 2,6 milliards de m<sup>3</sup>
  - 3<sup>o</sup> pays européen
  - 11<sup>o</sup> producteur mondial



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Le bois

- Forêt en France :
  - 64 % de feuillus
  - 137 espèces différentes
  - Gestion durable :
    - Prélèvements < accroissement naturel
  - CA annuel = 60 G€
  - Emploie 425 000 personnes



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Le bois

- Pourquoi le bois dans la construction des OA
  - Matériau renouvelable
  - Présent partout dans la construction : meubles, bâtiments, maisons, immeubles, bateaux, outils, jouets, instruments de musique
  - Facile à travailler, association à d'autres matériaux
  - Choisi pour ses propriétés physiques (mécanique, thermique, acoustique) et sensibles
  - Léger et facilement transportable

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

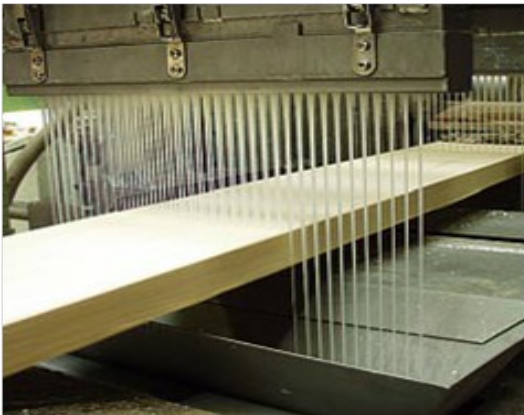
## Le bois

- Pourquoi le bois dans la construction des OA
  - Idées reçues :
    - On tue la forêt
    - Il n'existe pas de traitement satisfaisant
    - Le bois a besoin de traitement permanent
    - Le bois est dangereux en cas d'incendie
  - Atouts écologiques

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les ponts en bois : état des lieux

- Apparition du lamellé-collé (1906)
- Renouveau depuis 2<sup>o</sup> moitié du XX<sup>o</sup> siècle
- Grande diversité de formes et de structures





# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les ponts en bois : état des lieux



Pont de Vocance (2000) – Pont à poutres – Photo DTerEst



Pont des Fayette's (2000) – Pont à poutres latérales en treillis – Photo DTerEst

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les ponts en bois : état des lieux



Pont d'Avoudrey (2005) – Pont à haubannage et suspension – Photo DTerEst



Pont de Merle (1999) – Pont à béquilles – Photo DTerEst

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les ponts en bois : état des lieux



Pont du Bouix (2007) – Pont à poutres sous-tendues – Photo CNDB

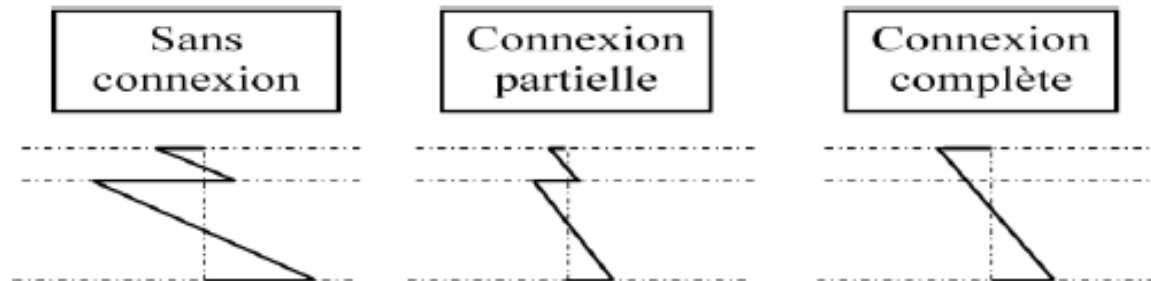


Pont de Vihantasalmi (1999) – Pont à fermes et bow-string – Photo DTerEst

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Association du bois et du béton

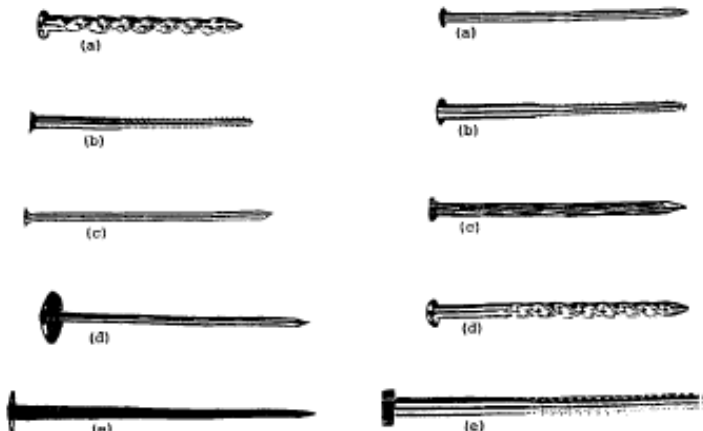
- Intérêt :
  - Béton : très bonne aptitude à travailler en plaque
  - Bois : poutres lamellé-collé parfaitement maîtrisées, adaptables aux besoins
  - Connexion : optimiser la matière en faisant fonctionner les 2 matériaux ensemble



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Association du bois et du béton

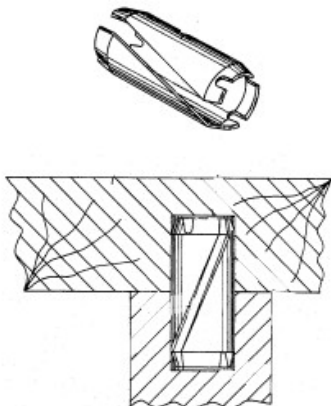
- Connexion : nombreux systèmes possibles
  - Groupe A : connecteurs souples (clous, vis, barres HA scellée...)



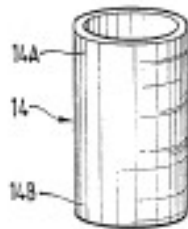
# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Association du bois et du béton

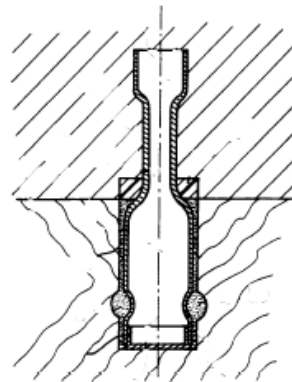
- Connexion : nombreux systèmes possibles
  - Groupe B : connecteurs + rigides (systèmes brevetés)



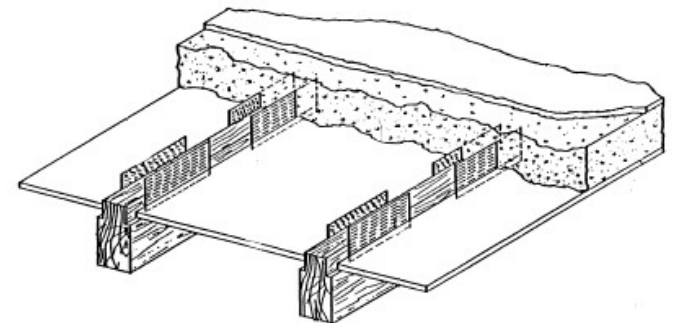
Welch (2005)



Grimaud (1989)



Raymond (1995)

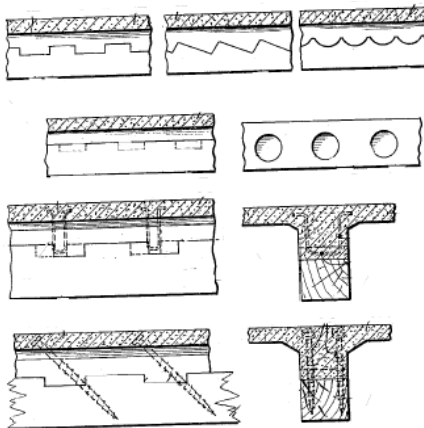


Bettex (1994)

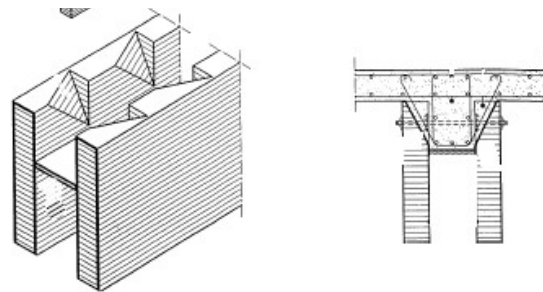
# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Association du bois et du béton

- Connexion : nombreux systèmes possibles
  - Groupe C : connecteurs par entailles usinées dans le bois et remplies de béton



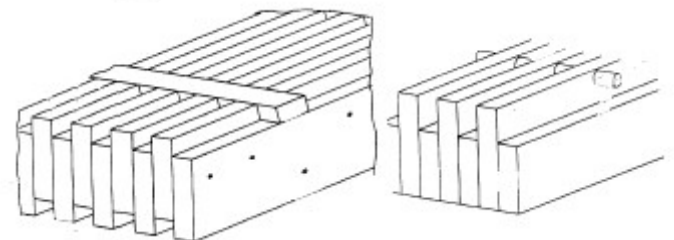
Schaub (1931)



Deperraz (1998)



D-Dalle® de CBS-CBT

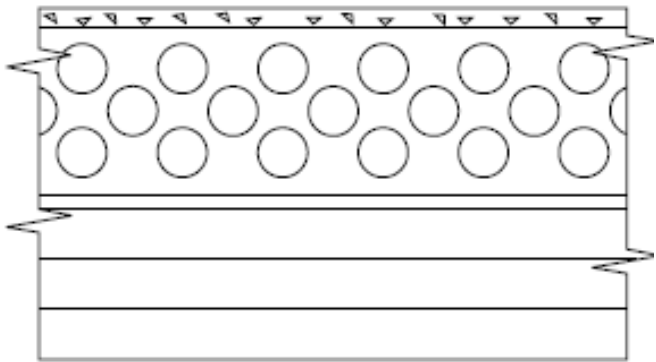


Molard (1995)

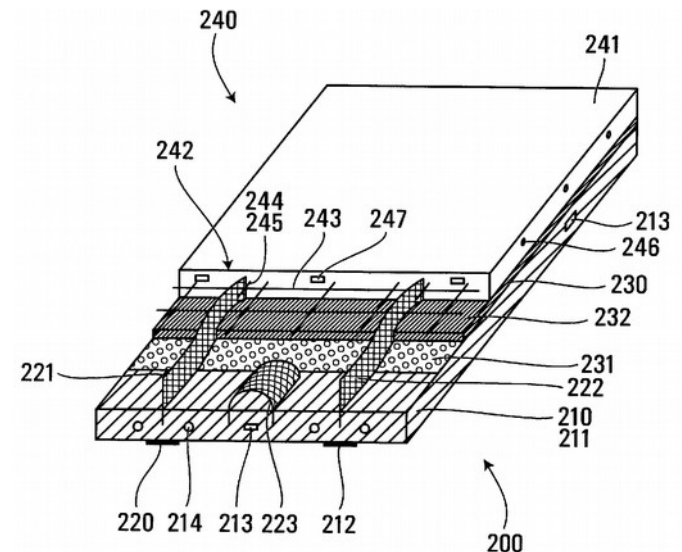
# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Association du bois et du béton

- Connexion : nombreux systèmes possibles
  - Groupe D : connecteurs continus



Piazza&Ballerini (2000)



Bathon&Bathon (2012)



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Association du bois et du béton

- Connexion : nombreux systèmes possibles
  - Collage : rigide parfait, sans glissement



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

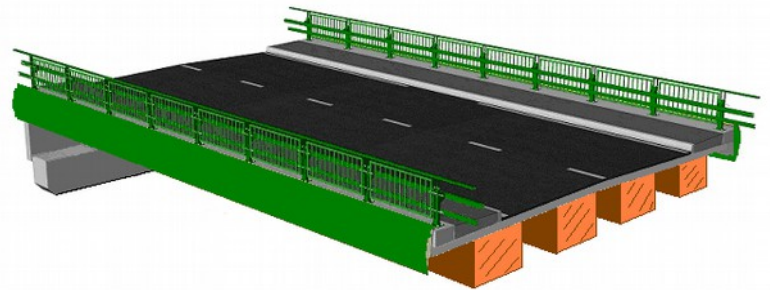
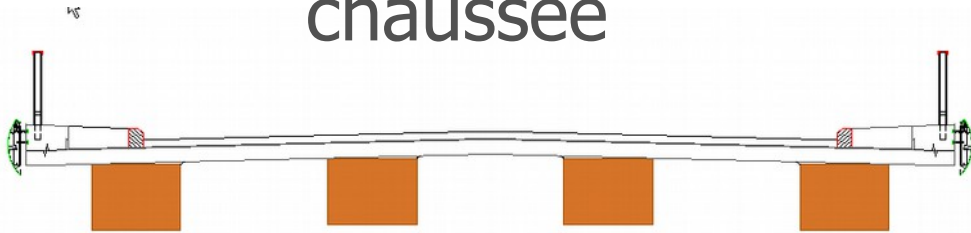
## Présentation du concept

- Objectifs
  - Favoriser l'emploi du bois dans les OA
  - Concevoir un pont type routier
  - Intégralement calculé aux Eurocodes
  - Privilégier la simplicité de conception et de forme
  - Coût compétitif

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Présentation du concept :

- Tablier de type pont à nervures sous chaussée



- Domaine d'emploi :
  - Portée 10 à 20m
  - Franchissement de voies routières, de cours d'eau

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Présentation du concept :

- Protection du bois

- Largeur encorbellement  $\geq h$

Encorbellement protégeant de l'exposition à la pluie directe

- Nervures massives

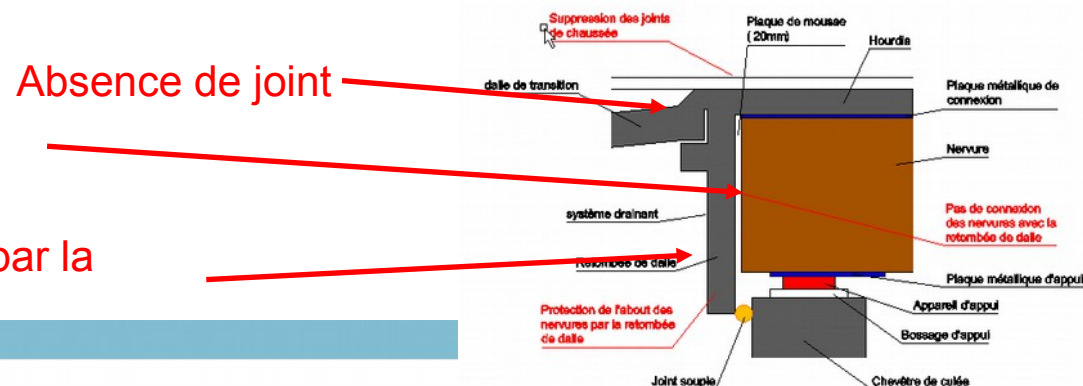
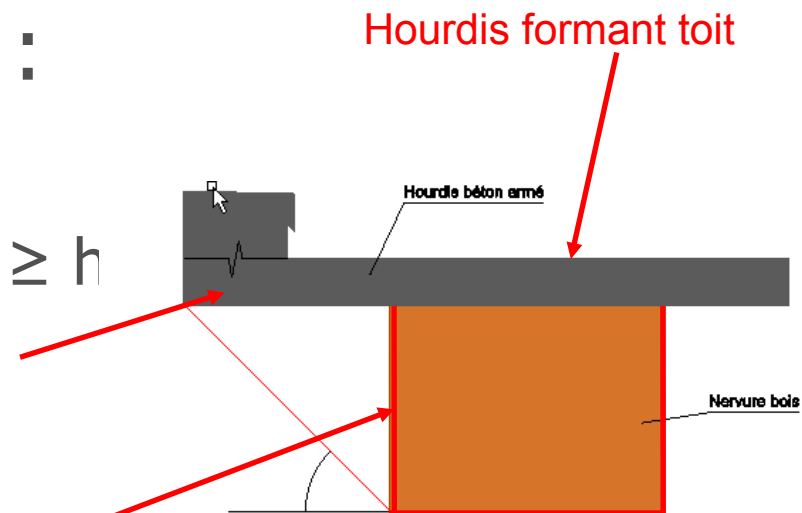
Périmètre exposé / 4

- About tablier

Pas de contact direct entre bois et béton

Protection de la poutre par la retombée de dalle

Absence de joint



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Présentation du concept :

- Gabarits

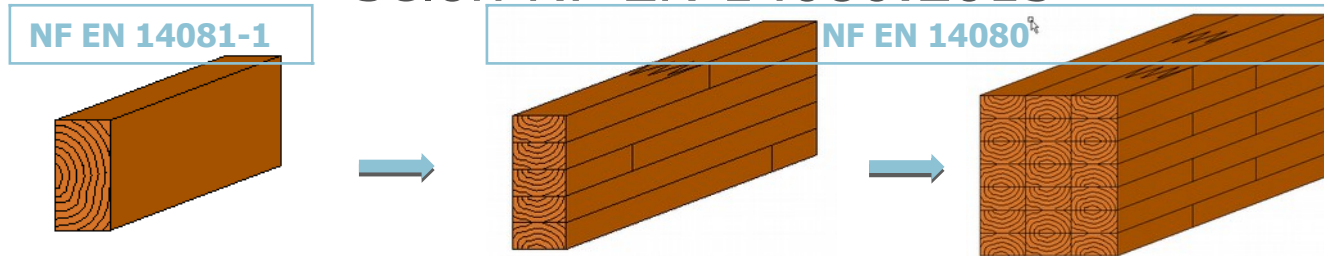
- Revanche à considérer : 60 cm si franchissement de voie routière (choc)
- Tirant d'air minimal pour bois de classe d'emploi 2 :
  - De 3m au dessus du plan d'eau moyen
  - De 1m au dessus niveau crue centennale cours d'eau

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Présentation du concept :

- Nervures bois

– Selon NF EN 14080:2013



– Gains en construction et durabilité :

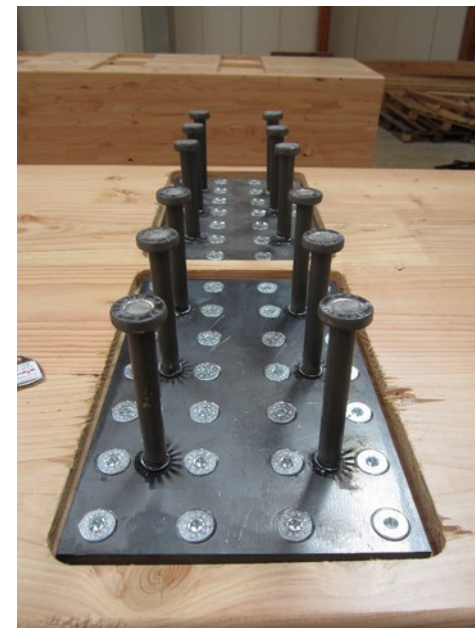
- Pas d'entretoisement, bonne stabilité en torsion, charges diffusées sur appuis,
- Résistance aux chocs, très faibles variations dimensionnelles avec humidité



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Présentation du concept :

- Connexion



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les produits valorisables :

- Prototype pont routier : le PS12
- Fiches Memoar sur le contrôle de l'exécution de structures en bois



# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les produits valorisables :

- Guide de conception d'un pont mixte bois/béton
- Guide d'application de l'Eurocode 5
- Article scientifique sur le calcul de structures à connexion partielle avec application à une poutre mixte bois/béton

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les produits valorisables :

- Analyse cycle de vie
  - Les arbres stockent le carbone atmosphérique (photosynthèse)
  - Réduction de l'effet de serre : structure bois = puits à carbone
  - Application au PS12 : ACV simplifiée

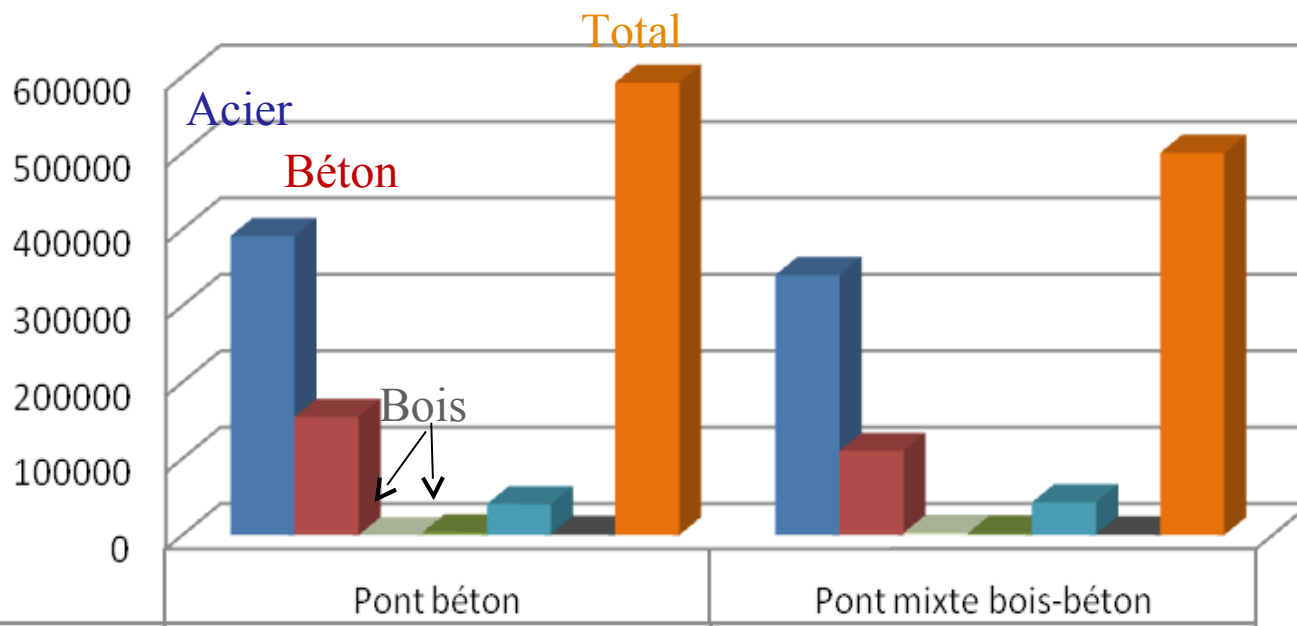
	Matériaux (quantités en tonnes)					
	Béton	Acier	Bois courte durée de vie	Bois d'œuvre	Chappe d'étanchéité	Grave non traitée
Pont béton	1684	124	252	0	12	108
Pont bois béton	1198	103	213	81	12,4	81

# Un nouveau concept : ouvrage à faible consommation de carbone

## Les produits valorisables :

- Analyse cycle de vie
  - Application au PS12 : ACV simplifiée

## Emissions de gaz à effet de serre en kg eq CO2





**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

# Merci de votre participation

Ph. JANDIN

Cerema ITM

Philippe.jandin@cerema.fr