

CONFERENCE TECHNIQUE TERRITORIALE

# RESILIENCE ET OUVRAGES D'ART: DU CONSTAT À L'ACTION

Cerema Méditerranée Aix en Provence

MARDI  
**31**  
mai  
2022



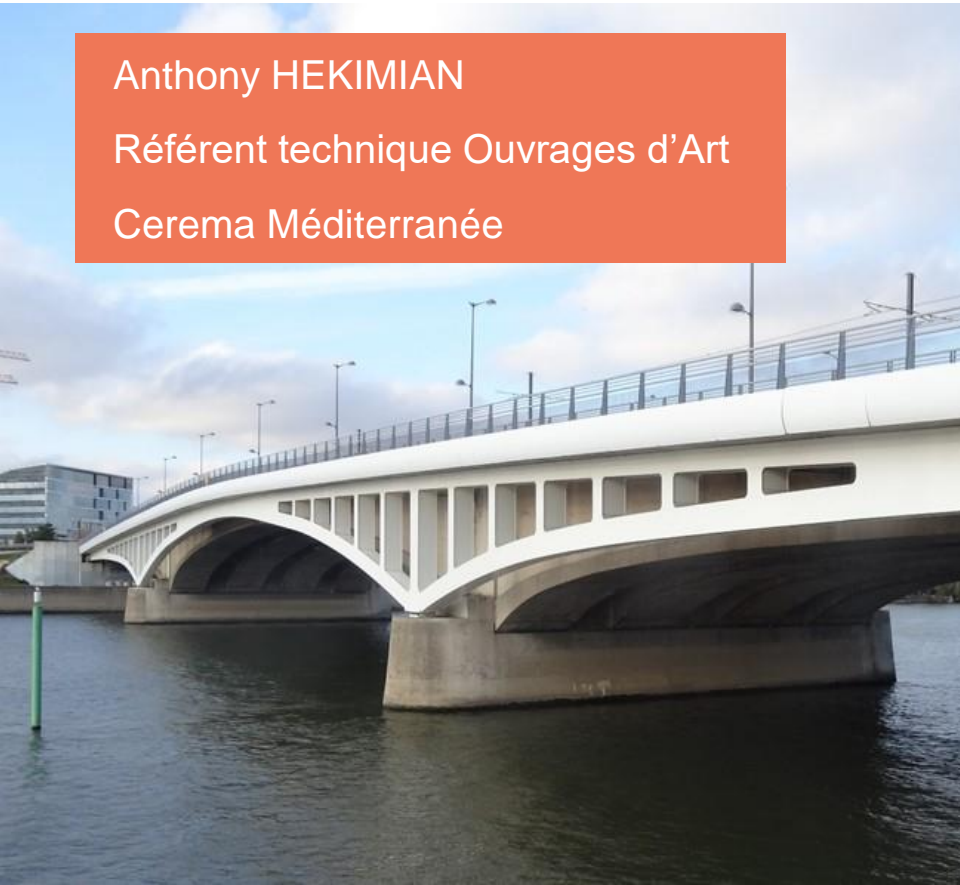
L'adaptation des ouvrages à de nouveaux usages

## L'ADAPTATION DES OUVRAGES À LA CIRCULATION DE TRAMWAYS – PRINCIPES GÉNÉRAUX

Anthony HEKIMIAN

Référent technique Ouvrages d'Art

Cerema Méditerranée



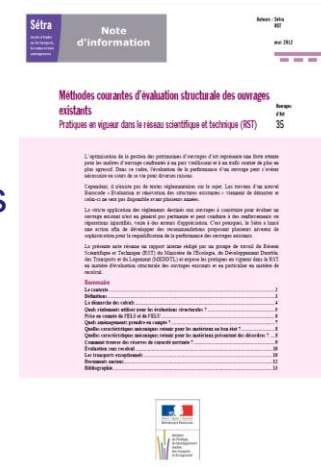
# CONTEXTE – GÉNÉRALITÉS

L'Eurocode 1 « Actions sur les structures » Partie 2 « Actions sur les ponts, dues au trafic » ne traite pas des tramways.

⇒ **Pas de texte normatif / réglementaire pour la définition des actions des tramways, encore moins pour des OA existants (Eurocodes ≈ OA neufs)**

Les justifications de la capacité portante et des renforcements d'un ouvrage existant s'appuient sur :

- Futur guide « **Adaptation des ouvrages existants à de nouveaux usages** » pour la définition de l'action des tramways
- **Note d'information n°35 du Sétra « Méthodes courantes d'évaluation structurale des ouvrages existants »**
- Guide méthodologique Cerema « **Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art** »

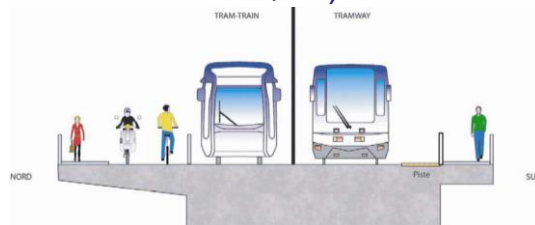


# DÉFINITION DE L'ACTION « TRAMWAY »

CF. « ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS À DE NOUVEAUX USAGES »

Le futur guide technique Cerema traitera plus généralement des :

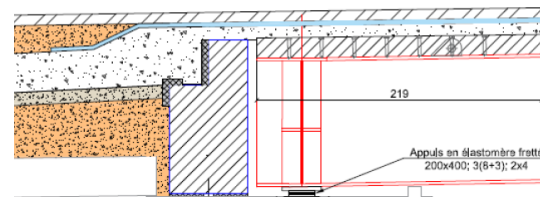
- **Evolutions d'usages** (augmentation de l'intensité des charges routières, intégration de modes doux : piétons/cycles ou transports en commun, ...) **avec/sans élargissement de l'ouvrage**



- **Evolutions d'usages sous OA** (augment. gabarit, rétablissement de continuité écologique, profil en travers de la VF)



- **Evolutions des équipements** (DR, écran, assainissement, suppress. des joints de chaussée)



L'adaptation des ouvrages à la circulation de tramways – principes généraux



# DÉFINITION DE L'ACTION « TRAMWAY »

CF. « ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS À DE NOUVEAUX USAGES »

## Charges horizontales longitudinales

- **Accélération nominale** ( $\sim 1,2 \text{ m/s}^2$ )
- **Freinage d'urgence** ( $\sim 3,5 \text{ m/s}^2$ )

## Charges horizontales transversales

- **Force centrifuge** (fonction(V), appliquée en général à 1,8 m de hauteur)
- **Effort de lacet** (dû aux oscillations latérales du véhicule et aux irrégularités de la voie) ( $\sim 100 \text{ kN}$ )

## ⇒ Synthèse de l'action « Tramway » en situation durable

	Charges verticales	Accélération/Freinage	Centrifuge	Lacet	Piétons
Caractéristique	MXD	Déterminé en fonction de la charge verticale (MND ou MXD)		100 kN	3 kN/m <sup>2</sup>
Combinaison	MND			100 kN <sup>1)</sup>	0
Fréquente	MND (x7/8 si 2 voies)	0 <sup>2)</sup>	0	0	0,4 x 3 kN/m <sup>2</sup>

- 1) Cette valeur par défaut peut être réduite en fonction du projet individuel (par exemple dans le rapport MND/MXD).
- 2) Les circonstances particulières à l'ouvrage (probabilité d'arrêt sur l'ouvrage compte tenu du trafic et de la signalisation, présence de station à proximité...) peuvent conduire à retenir d'autres valeurs.

# DÉFINITION DE L'ACTION « TRAMWAY »

CF. « ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS À DE NOUVEAUX USAGES »

Règle particulière de cumul des trafics routier & tramway

Action caractéristique de l'un cumulée avec la fréquence de l'autre et vice et versa

Autres situations (transitoires, accidentelles...)

- Dépannage de véhicule en panne
- Situation de déraillement : choc sur pile, choc sur DR, ...
- Situation de ré-enraillement : des **études** sont à réaliser au cas par cas



# INTÉGRATION D'UNE VOIE « TRAMWAY »

CF. « ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS À DE NOUVEAUX USAGES »

## Définition du profil en travers fonctionnel

- Assurer la cohabitation en sécurité des différents usages (routier, piétons, cycles...)
- Généralement en continuité du profil en travers de la section courante sauf s'il en découle de trop fortes contraintes techniques
- Implantation possible en réduisant la largeur des voies routières (voie tramway ~ 3 m) sinon création d'un OA dédié ou élargissement structurel

⇒ Charges « tramway » généralement moins agressives mais charges permanentes augmentées (plateforme assez massive, poteaux porte-caténaires, ...)

⇒ Tenir compte de l'évolution du matériel roulant

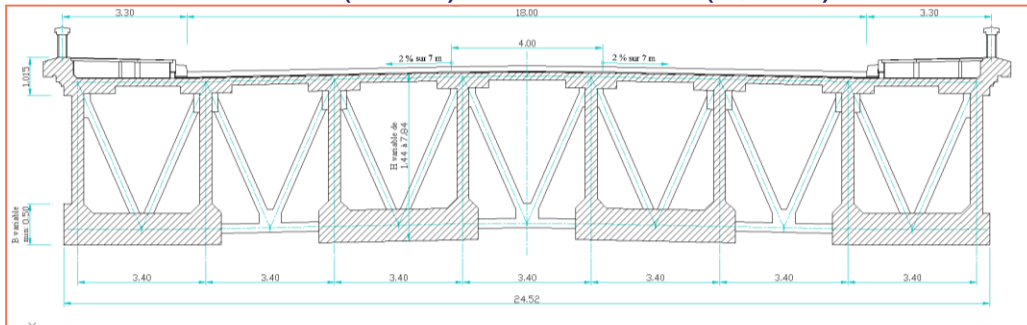


# INTÉGRATION D'UNE VOIE « TRAMWAY »

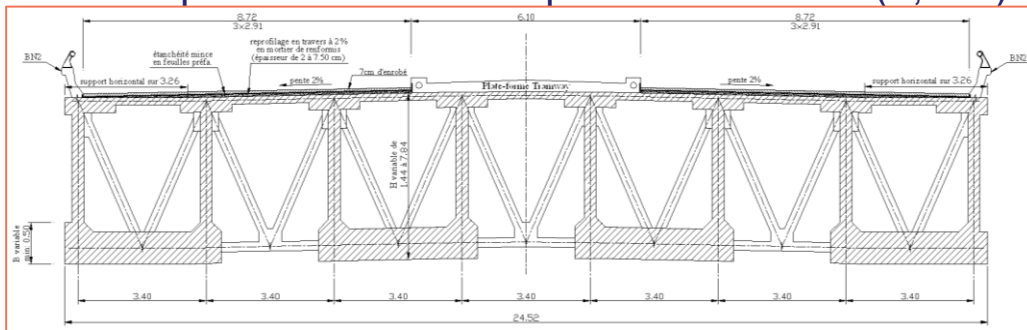
CF. « ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS À DE NOUVEAUX USAGES »

## Définition du profil en travers fonctionnel – Exemple pont de Bezons (92)

- **PT initial :**  
1 chaussée (18 m) + 2 trottoirs (3,1 m)



- **PT adapté :**  
plateforme tramway (6,1 m) + 2 chaussées (8,7 m)  
+ 2 passerelles métalliques accolées de (3,5 m)



# INTÉGRATION D'UNE VOIE « TRAMWAY »

CF. « ADAPTATION DES OUVRAGES EXISTANTS À DE NOUVEAUX USAGES »

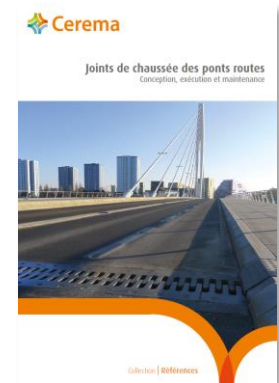
## Dispositifs de retenue

**TC guidés** ⇒ faible probabilité de déraillement

⇒ *Dispositif de retenue en bord de tablier est généralement un garde-corps pour piétons (hors performance différente exigée par le trafic routier et déterminée par le calcul de l'indice de danger)*

## Joint de chaussée

**Techniques très spécifiques** qui diffèrent notamment selon que les voiries routières et ferroviaires sont séparées ou bien font l'objet d'un usage alterné (cf. guide « Joints de chaussée des ponts routes » p.42 et annexe 3)



# VÉRIFICATION / RENFORCEMENT DES OA EXISTANTS

## CF. NOTE D'INFORMATION N°35 & GUIDE « RÉPARATIONS »

### Analyse simplifiée = comparaison des sollicitations

Si l'ouvrage n'est pas trop ancien (postérieur à 1965) et en bon état structural, il est courant de se borner à comparer l'effet du tramway (accompagné des charges routières) à l'effet des charges routières théoriques de dimensionnement retenues lors de la conception.

⇒ Cette approche simplifiée suppose implicitement que l'on accepte d'utiliser le règlement de calcul de l'époque de conception, ce qui limite son utilisation aux cas des ouvrages dimensionnés avec des règlements dits « modernes » qui conduisent à des niveaux de sécurité voisins de ceux de l'Eurocode, c'est-à-dire pour simplifier au cas des ouvrages postérieurs à 1965 (hors buses métalliques antérieures à 1982).

# VÉRIFICATION / RENFORCEMENT DES OA EXISTANTS

## CF. NOTE D'INFORMATION N°35 & GUIDE « RÉPARATIONS »

### Analyse complète = recalcul de la structure

- Utilisation des règlements pour OA neufs (EC) avec adaptations sur les sollicitations ( $\gamma$ ) et les résistances :
  - Critères ELU (sécurité) : à vérifier (idem OA neuf)
  - Critères ELS (durabilité) : adaptations possibles mais limitées
- Nécessite généralement des investigations pour une meilleure connaissance de l'ouvrage
- Réserves de capacité portante :
  - Résistances mesurées des matériaux (Favorable ou défavorable)
  - Modélisations plus fines
  - Méthodes de justification plus évoluées

# Merci de votre attention

**Anthony HEKIMIAN**

**Référent technique OA au Cerema Méditerranée**

***anthony.hekimian@cerema.fr***