



**HAL**  
open science

## **Calcul des ponts en maçonnerie sous sollicitations sismiques : de la loi de comportement au calcul de structures**

P-J. Tisserand, C Giry, T. T. H. Nguyen, F. Ragueneau

### ► **To cite this version:**

P-J. Tisserand, C Giry, T. T. H. Nguyen, F. Ragueneau. Calcul des ponts en maçonnerie sous sollicitations sismiques : de la loi de comportement au calcul de structures. 10ème colloque national de l'AFPS - AFPS'19, Sep 2019, Strasbourg, France. <hal-02397171>

**HAL Id: hal-02397171**

**<https://hal.science/hal-02397171v1>**

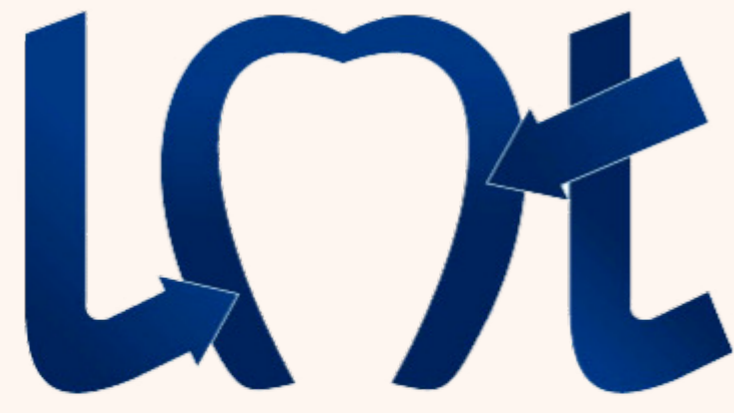
Submitted on 6 Dec 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



# Calcul des ponts en maçonnerie sous sollicitations sismiques : de la loi de comportement au calcul de structures



- Auteurs: Pierre-Jean Tisserand, Cédric Giry, Thi Thanh Huyen Nguyen et Frédéric Ragueneau
- Contact : giry@lmt.ens-cachan.fr

## Contexte

- Les ponts en maçonnerie sont présents sur l'infrastructure ferroviaire
- La compréhension de l'impact des séismes sur les ponts ferroviaires permettrait d'alimenter les plans de gestion des risques.
- L'étude contient deux volets : la modélisation de la maçonnerie et le calcul des ponts.

## Comportement de la maçonnerie

- Elasticité orthotrope<sup>1</sup>
- Endommagement en extension suivant trois plans de fissurations<sup>2</sup>
- Frottement interne en cisaillement<sup>3</sup>

## Modélisation et résultats

Potentiel thermodynamique

$$2p(\Psi^{pot}) = \frac{\langle \sigma_{11} \rangle^2}{E_1} (1+d_1) + \frac{\langle \sigma_{22} \rangle^2}{E_2} (1+d_2) + \frac{\langle \sigma_{33} \rangle^2}{E_3} (1+d_3) - 2 \frac{v_{21} \sigma_{11} \sigma_{22}}{E_1} - 2 \frac{v_{31} \sigma_{11} \sigma_{33}}{E_1} - 2 \frac{v_{32} \sigma_{22} \sigma_{33}}{E_2}$$

Lois d'évolution Endommagement et plasticité

Endommagement

$$\dot{\epsilon}_i = \sqrt{\langle \epsilon_{ii} \rangle^2 + \beta_{ij} \epsilon_{ij}^2 + \beta_{ik} \epsilon_{ik}^2}$$

$$f_i = S_i (\bar{\epsilon}_i - k_i) - \ln[(1+d_i) \frac{k_i}{\bar{\epsilon}_i}] \leq 0$$

$$d_i = \frac{\bar{\epsilon}_i}{k_i} \phi^S (\bar{\epsilon}_i - k_i) - 1$$

Plasticité

$$F_{ij}^p = |\sigma_{ij}^p - X_{ij}| + \mu_{ij} (\langle \sigma_{ii} \rangle - \langle \sigma_{jj} \rangle) \leq 0$$

$$F_{ij}^p = |\sigma_{ij}^p - X_{ij}| + \frac{1}{2} \alpha_{ij} X_{ij}^2$$

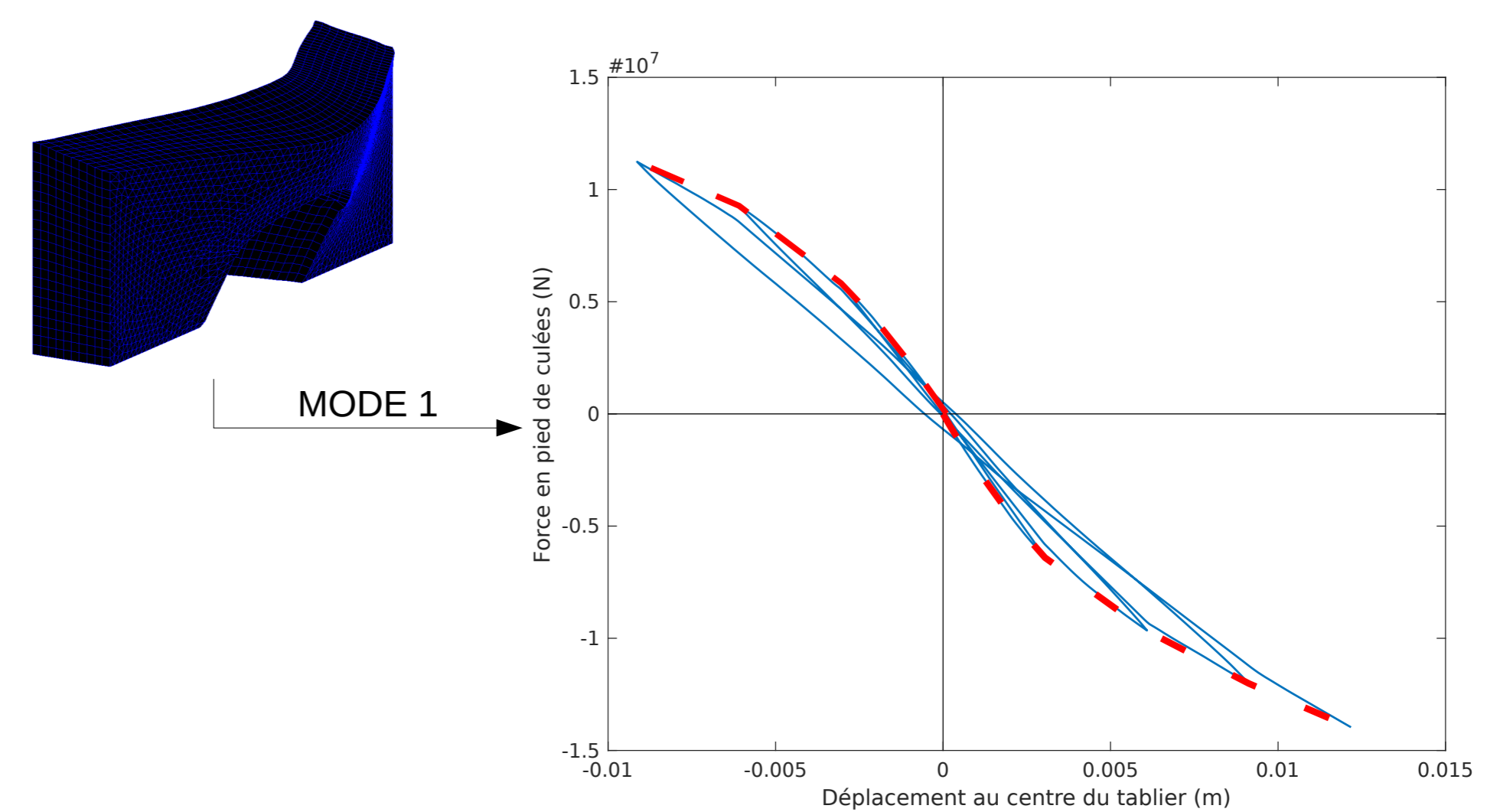
$$\dot{\epsilon}_{ij}^p = \lambda_{ij}^p \frac{\partial F_{ij}^p}{\partial \sigma_{ij}} = \lambda_{ij}^p \frac{\sigma_{ij}^p - X_{ij}}{|\sigma_{ij}^p - X_{ij}|}$$

$$\alpha_{ij} = -\lambda_{ij}^p \frac{\partial F_{ij}^p}{\partial X_{ij}} = \lambda_{ij}^p \left( \frac{\sigma_{ij}^p - X_{ij}}{|\sigma_{ij}^p - X_{ij}|} - \alpha_{ij} X_{ij} \right)$$

Horizontal force (N) vs Horizontal displacement (m) graph showing numerical results (872 and 30872 elements) and experimental results (J2G).

## Ponts sous sollicitations sismiques

Ponts en maçonnerie en poussée progressive cyclique



## Analyse modale non-linéaire

Recombinaison des comportements de chaque oscillateur simple. Cela donne un comportement global par accélérogramme.

## Conclusion et perspectives :

- La loi de comportement de la maçonnerie ainsi formulée répond aux besoins de l'analyse modale non-linéaire
- Un algorithme automatisant les calculs permettra de construire une base de données avec un grand nombre de ponts différents. De cette base de données sera extrait la sensibilité des paramètres et une surface de réponse pour approcher rapidement la fragilité des ponts en maçonnerie

## Références :

M. Kachanov. Elastic solids with many cracks and related problems. volume 30 of Advances in Applied Mechanics, pages 259 – 445. Elsevier, 1993.  
 L. Marcin. Behaviour modelling up to rupture of woven fabric composite for a reliable design of structures. These, Université Bordeaux 1, January 2010.  
 R. Desmorat, F. Ragueneau, and H. Pham. Continuum damage mechanics for hysteresis and fatigue of quasi-brittle materials and structures. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics,31(2) :307–329, 2007.  
 A.T. Vermelfoort, T. Raijmakers, & H. J. M. Janssen. Shear tests on masonry walls. In A. A. Hamid, & H. G. Harris (Eds.), 6th North American Masonry Conference, 6-9 June 1993, Philadelphia, Pennsylvania, USA (pp. 1183-1193).  
 Tataie, L. (2011). Méthodes simplifiées basées sur une approche quasi-statique pour l'évaluation de la vulnérabilité des ouvrages soumis à des excitations sismiques (Doctoral dissertation, Lyon, INSA).  
 Chopra, A. K., & Goel, R. K. (2002). A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings. Earthquake engineering & structural dynamics, 31(3), 561-582.  
 Moutoussamy, L. (2013). Essais hybrides temps réel sur structures de génie civil.  
 Zentner, I., Allain, F., Humbert, N., & Caudron, M. (2014). Generation of spectrum compatible ground motion and its use in regulatory and performance-based seismic analysis. Target, 10, 1.