

Vers une modélisation 3D performante des ponts en maçonnerie : Analyse du cas d'étude d'Osserain

Dylan Guerin, Thomas Parent, Stéphane Morel, Frédéric Dubois

Laboratoire I2M, Talence

Les ponts en maçonnerie constituent un héritage précieux d'époques révolues. La majorité des ponts en maçonnerie encore en service aujourd'hui datent des XIX et XX siècles. Afin d'assurer que ces structures ancrées au patrimoine, reste saine pour les nombreuses années que leur constitution leur permet réellement, il faut cependant identifier et réparer celles qui montrent des signes précurseurs d'un endommagement pouvant mener à la ruine de l'ouvrage.

À ces fins, la simulation numérique est un outil particulièrement utile. En revanche, il existe trois points qui peuvent amener à sous-estimer la capacité portante de ces structures :

- **La méconnaissance des matériaux** : La maçonnerie est un assemblage complexe de pierres ou de briques avec du mortier de chaux. Or, les normes européennes actuelles sont historiquement basées sur celles du béton. Cette inadaptation normative peut conduire à considérer, à tort, un ouvrage comme défaillant.
- **La précision de l'outil de simulation** : Les modèles numériques utilisés peinent parfois à saisir la complexité des interactions internes de la maçonnerie. Une modélisation trop simplifiée ou un choix de lois de comportement inapproprié peut occulter les réserves de stabilité réelles de l'ouvrage.
- **Le manque de données spécifiques** : L'incertitude sur la géométrie exacte de l'ouvrage (souvent modifiée par le temps) ou sur les propriétés mécaniques intrinsèques des matériaux impose l'usage de coefficients de sécurité très conservateurs, sous-évaluant ainsi la performance réelle de la structure.

Afin d'évaluer l'importance de ces facteurs, nous nous sommes intéressés à un cas d'étude concret : le pont d'Osserain. Sa démolition en 2024 a permis de réaliser une campagne d'expérimentations visant à approfondir la compréhension du comportement des ouvrages d'art maçonnés. À l'aide d'une analyse de sensibilité (méthode de Morris) et de la méthode des éléments discrets (DEM) — reconnue pour sa capacité à reproduire fidèlement le comportement de la maçonnerie — nous avons cherché à déterminer si les données disponibles sur l'ouvrage étaient suffisantes pour simuler sa réponse structurelle.

Cependant, le coût en ressources numériques élevé de cette méthode a initialement limité l'analyse à des modèles 2D. La comparaison de ces résultats avec d'autres modélisations 3D, via un benchmark, a souligné l'importance de prendre en compte certains éléments structurels omis en deux dimensions. Le passage à la 3D s'est donc révélé indispensable. Pour optimiser les calculs, la stratégie de modélisation a évolué : nous sommes passés d'une approche mixte (éléments discrets et éléments finis pour les blocs) à une méthode combinant éléments discrets et corps rigides, nettement plus performante. Enfin, une stratégie d'homogénéisation, visant à simplifier la représentation des blocs, est actuellement étudiée pour accélérer davantage les temps de simulation.