

## CONTEXTE ET OBJECTIFS



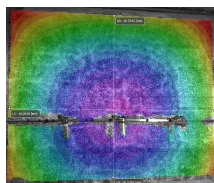
Rénovation, fiabilisation de l'acte de construire, innovation

### Contexte réglementaire

Absence de réglementation sur la pierre naturelle tant au niveau français (DTU 20.1) qu'au niveau européen (Eurocode 6). La pierre ne peut donc pas être utilisée à son plein potentiel.

### Travaux antérieurs

Campagne expérimentale (2019, par le CSTB et le CTMNC) sur deux murs de maçonnerie en pierre naturelle pour tenter de mieux comprendre les **phénomènes** mis en jeu lors de l'**exposition au feu** de tels murs.  
⇒ Existence d'une **forte courbure thermique** qui peut menacer l'intégrité de la structure.

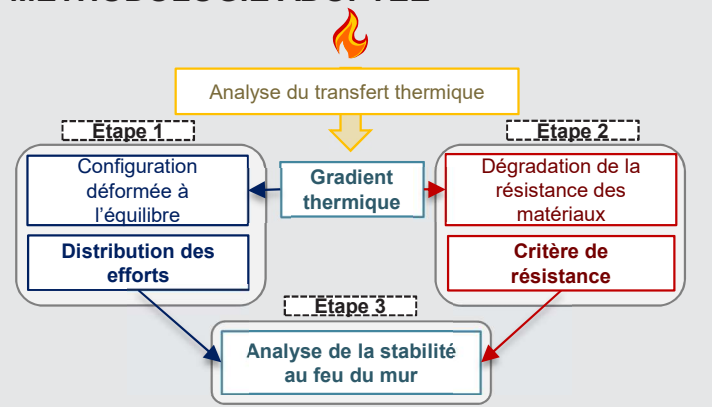


Déformée thermique du mur, par corrélation d'image

### Objectifs

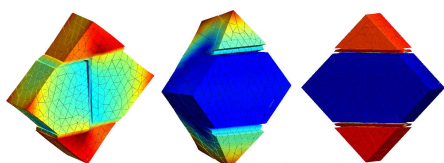
Comprendre les **mécanismes** à l'œuvre lorsqu'un mur de **maçonnerie en pierre naturelle** est **exposé au feu**.  
Proposer une **méthode de modélisation** adaptée à l'ingénieur

## MÉTHODOLOGIE ADOPTÉE



## DÉTERMINATION D'UN CRITÈRE DE RÉSISTANCE PAR HOMOGENÉISATION EN CALCUL À LA RUPTURE

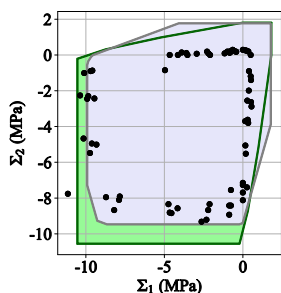
Proposition de deux approches, **analytique et numérique**, pour déterminer le **domaine de résistance** d'un mur de maçonnerie en résolvant un ensemble de **problèmes auxiliaires de Calcul à la Rupture** sur la cellule de base



Quelques mécanismes de rupture obtenus par l'approche numérique

Domaine de résistance plan

- Approche analytique
- Approche numérique
- Résultats expérimentaux - Page



Validation des deux approches proposées vis-à-vis de résultats expérimentaux : **l'approche analytique est très performante pour un temps de résolution négligeable !**

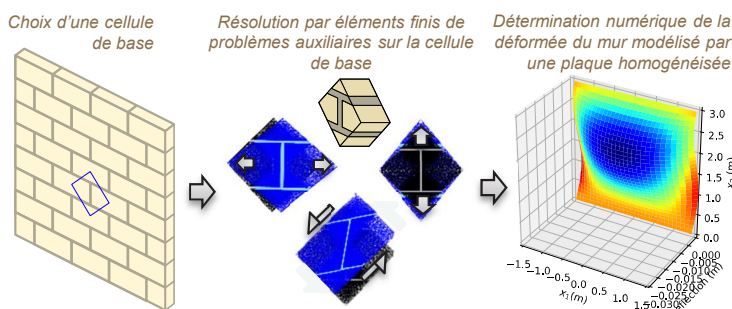
### Perspectives :

- Prise en compte de la **dégradation des matériaux** en fonction de la température
- Détermination de la stabilité au feu du mur dans sa **configuration déformée** avec le critère déterminé analytiquement

## RÉFÉRENCES

1. E. Donval, D. T. Pham, G. Hassen, P. de Buhan, and D. Pallix, 'A numerical homogenization method for the determination of the thermal bowing of a masonry wall exposed to fire: Application to natural stone masonry', Engineering Structures, Sep. 2022.
2. E. Donval, D. T. Pham, G. Hassen, P. De Buhan, and M. Vigroux, '3D analytical and numerical upper-bound homogenization approaches to the in-plane strength domain of a running-bond masonry wall', Soumis à International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.
3. E. Donval, D. T. Pham, G. Hassen, P. de Buhan, and D. Pallix, 'Essai de résistance au feu d'un mur de maçonnerie en pierre naturelle : étude de la courbure thermique et du mécanisme de rupture', Rencontres Universitaires de Génie Civil, Lille, 2022.

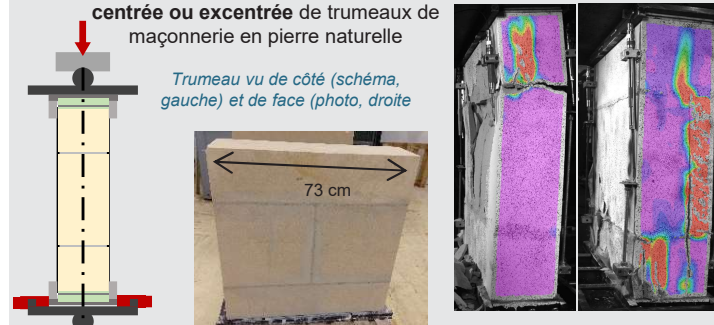
## CALCUL DE LA COURBURE THERMIQUE PAR HOMOGENÉISATION THERMOÉLASTIQUE



## VALIDATIONS EXPÉRIMENTALES

### A température ambiante, échelle réduite

Essai de résistance en compression **centrée ou excentrée** de trumeaux de maçonnerie en pierre naturelle



Fissuration au moment de la rupture (corrélation d'images)

### Charges limites expérimentales

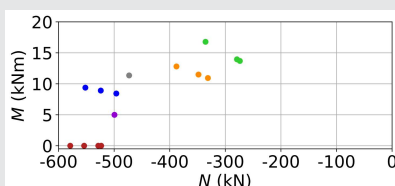
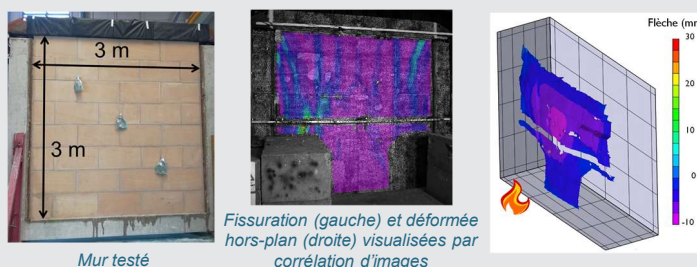


Diagramme d'interaction entre effort de compression et moment de flexion : **un effet notable de l'excentrement** sur la charge de rupture du trumeau

### Au feu, échelle 1

Essai de résistance au feu d'un mur en calcaire de Saint-Vaast ( $R_c$  pierre = 5 MPa,  $R_c$  mortier = 0,5 MPa) : rupture à 3 h d'exposition avec un chargement de 1,25 MPa



Encadrement – D.T. Pham (CSTB), G. Hassen, P. de Buhan (ENPC), M. Vigroux (CTMNC)  
Contact – elodie.donval@cstb.fr