

IDENTIFICATION DU COMPORTEMENT HOMOGÉNÉISÉ DES MAÇONNERIES PAR TRAITEMENT D'IMAGE



Nadia Tarifa¹, Frédéric Dubois¹, Bertrand Wattrisse¹, Thomas Parent², Stéphane Morel²

1 LMGC, Université de Montpellier, CNRS, Montpellier, France.

2 I2M, Université de Bordeaux, UMR5295, Bordeaux, France.

Remerciements à l'ANR projet MENHIR (ANR-23-CE22-0003) et à tous les participants au projet.

1 Introduction

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet ANR MENHIR.

Objectif :

Exploiter des données expérimentales afin d'affiner la compréhension du comportement élastique homogénéisé d'une maçonnerie constituée de pierres calcaires liées par des joints de mortier de chaux.

Données :

Issues des recherches menées par Vincent Venzal [1,2] réalisée en 2018 à l'Université de Bordeaux (I2M). Les murs étudiés ont été testés sous contrainte verticale constante égale à 0.5 MPa.

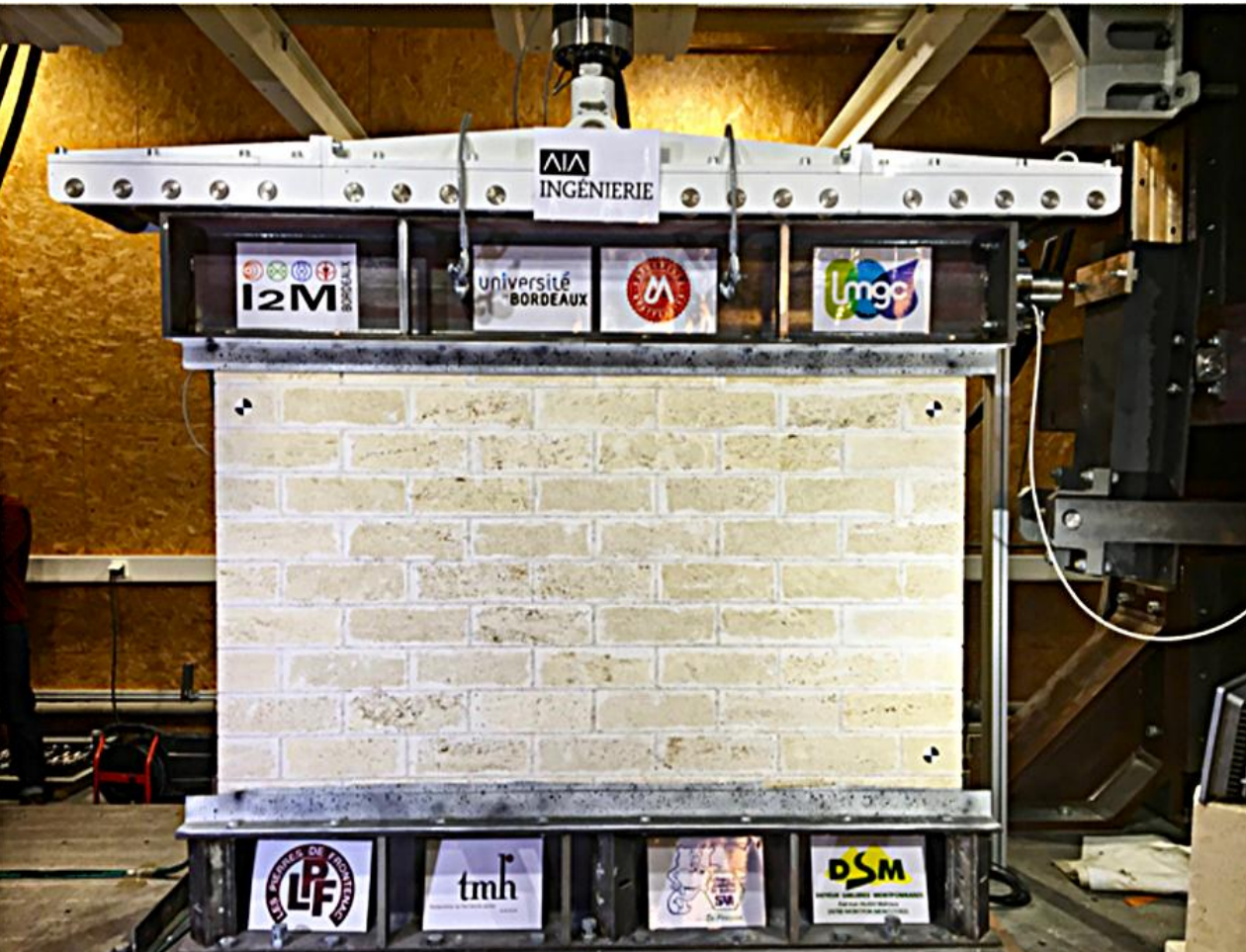


Figure 1 : Mur en maçonnerie monté et appareillé [1]

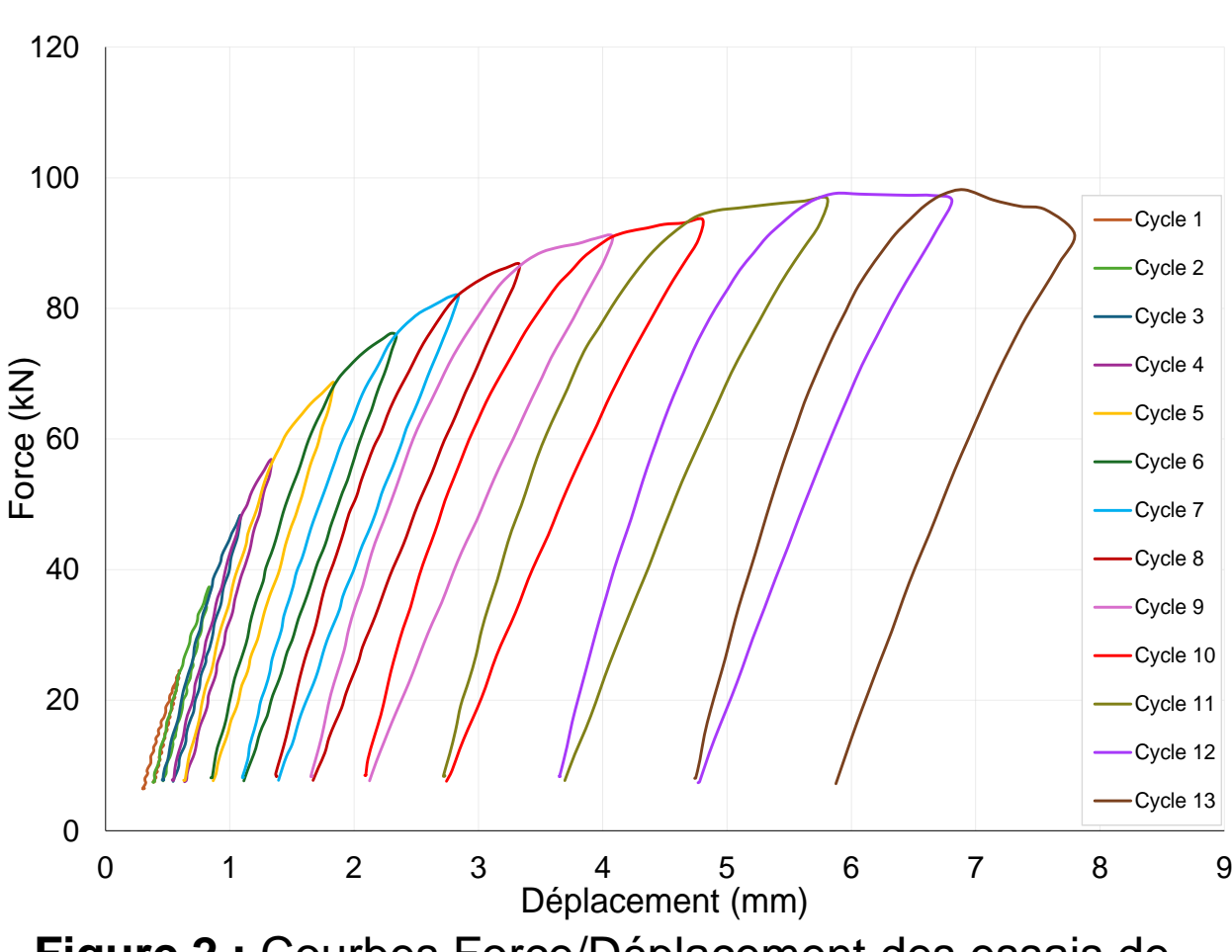
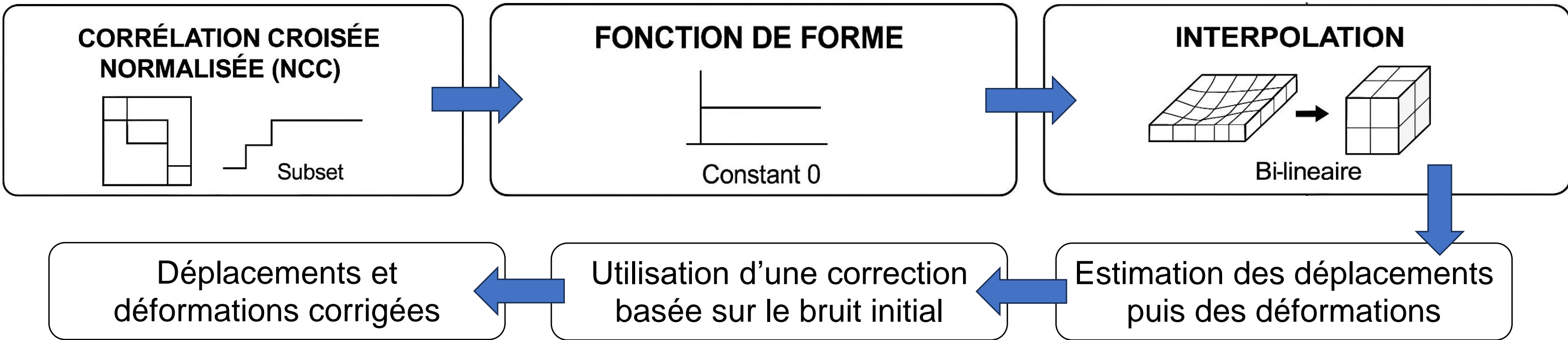


Figure 2 : Courbes Force/Déplacement des essais de compression cisaillement [1]

2 Méthodes

À l'aide d'outils développés sous Matlab [3], les déformations globales et locales des blocs et des joints ont été évaluées.



Les déplacements U_y en millimètres calculés puis corrigés sont présentés ci-dessous (Figure 3).

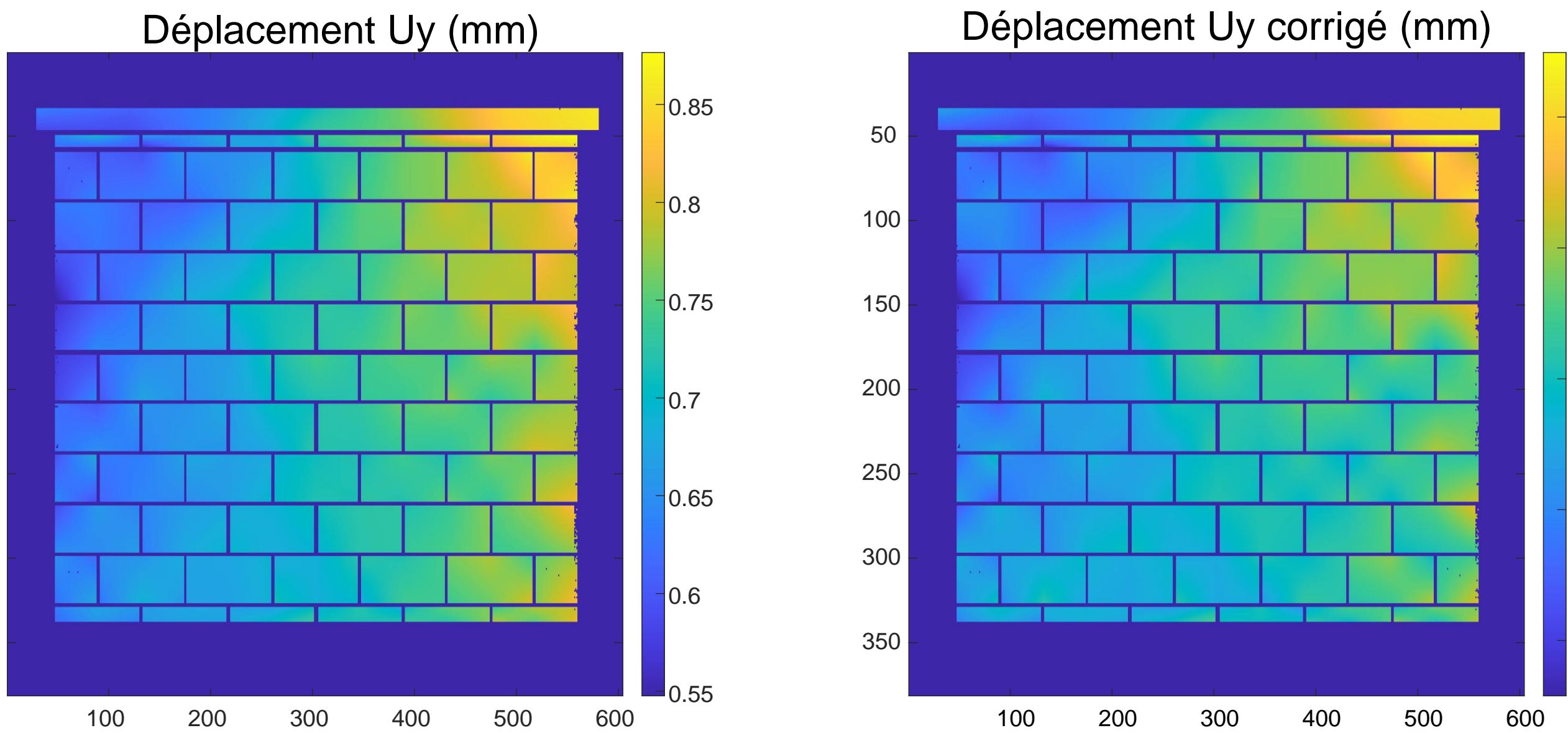


Figure 3 : Déplacement U_y (bruit initial) avant et après correction

La correction sert à centrer l'erreur autour de zéro et à supprimer les erreurs systématiques (biais).

3 Résultats

a) Estimation de l'erreur

Erreur estimée à partir des histogrammes des grandeurs calculées Avant et Après Correction (AvC, ApC).

Hypothèse : elle correspondait à l'écart type des valeurs de U_x et U_y , ϵ_{xx} , ϵ_{xy} et ϵ_{yy} .

Tableau 1 : Estimation de l'erreur des déplacements et des déformations

Grandeurs	Erreur AvC	Erreur ApC
U_x	0,90813 mm	0,029 mm
U_y	1,015 mm	0,038 mm
ϵ_{xx}	0,00026	0,00026
ϵ_{xy}	0,00021	0,00021
ϵ_{yy}	0,00064	0,00064



Ces erreurs sont à prendre en compte pour tous les calculs qui vont suivre.

Grandeur calculée = Grandeur réelle ± erreur

b) Charge verticale (V)

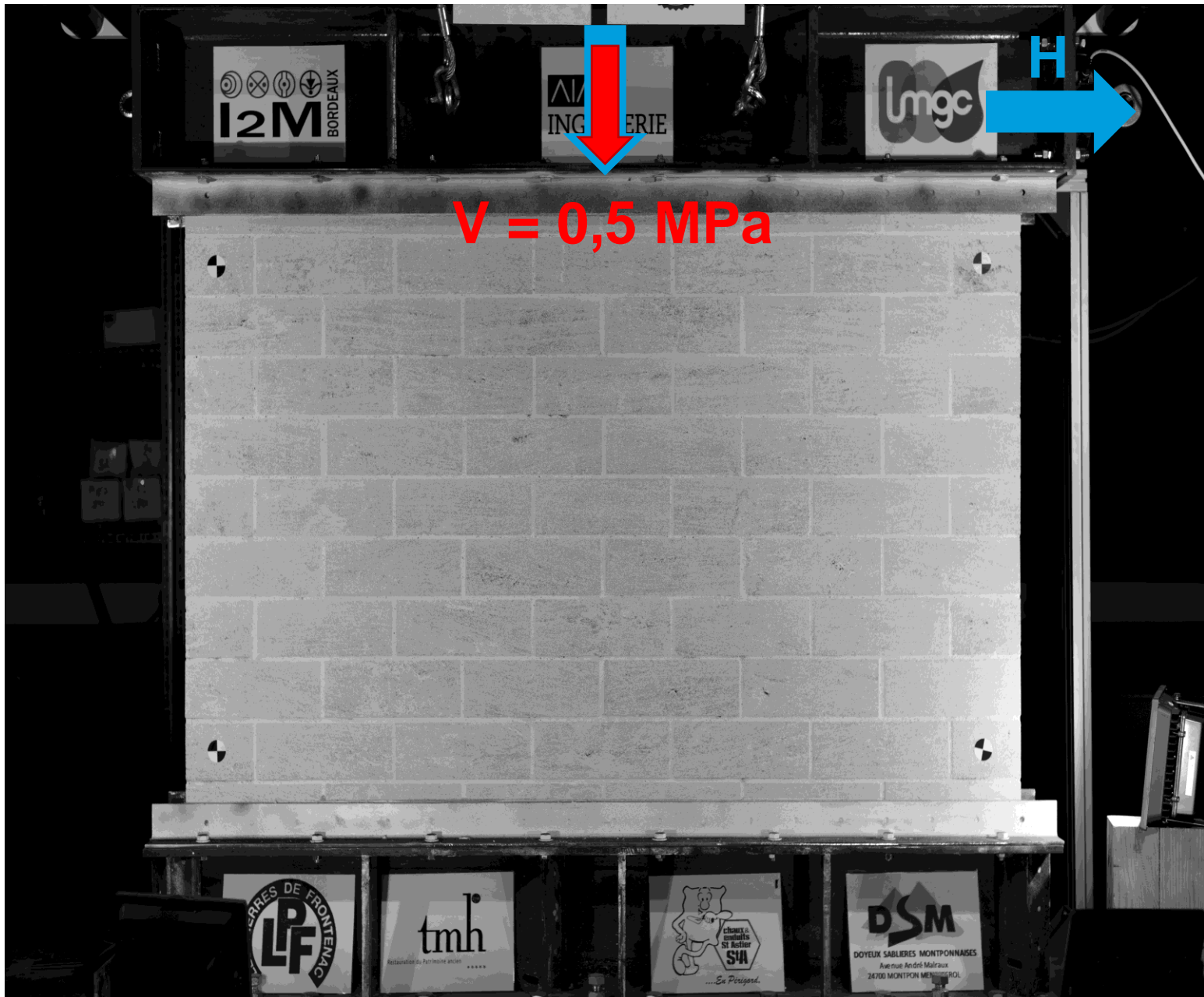


Figure 4 : Schéma de l'essai avec chargement vertical V (rouge), ou vertical et horizontal V+H (bleu)

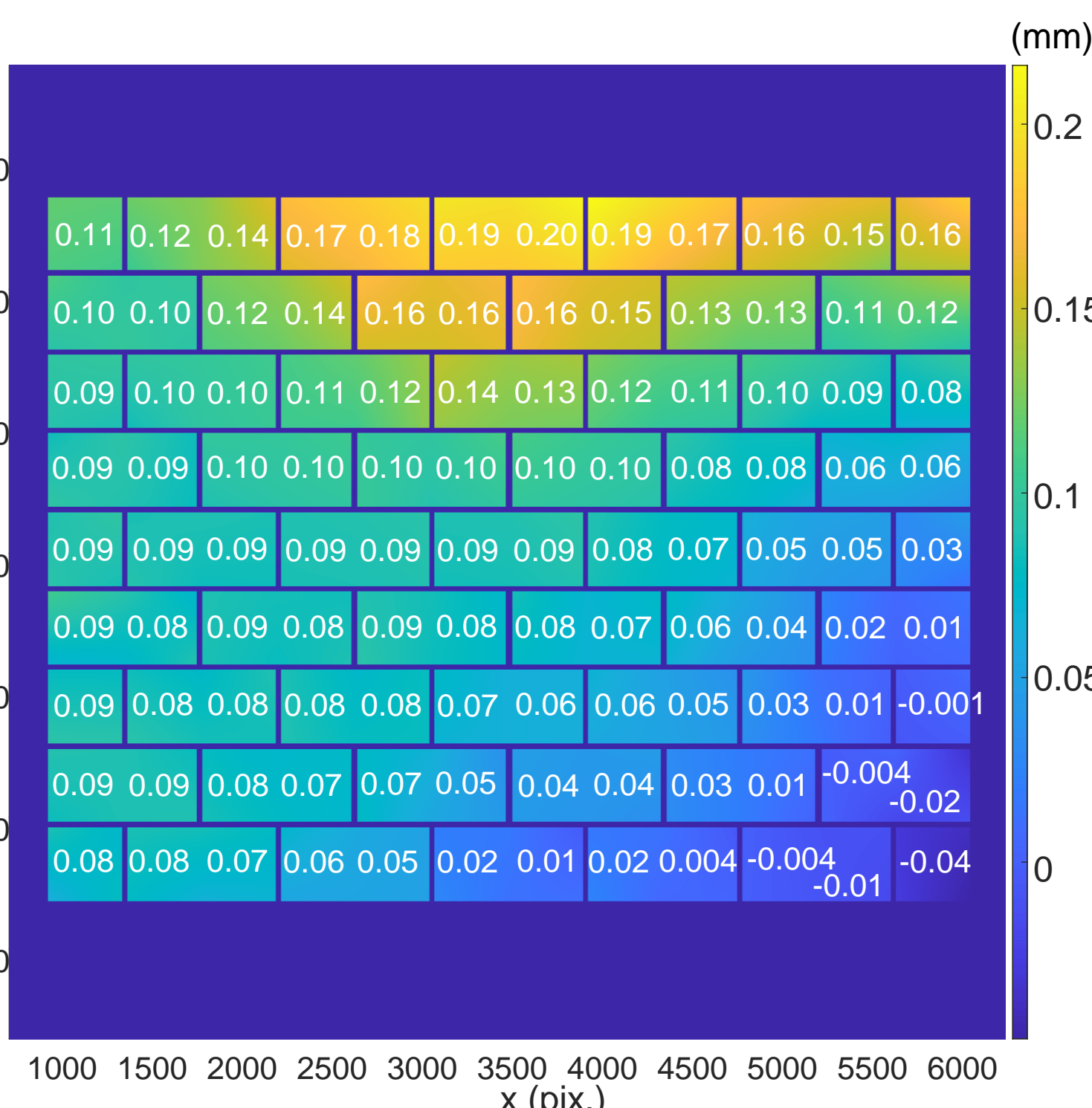


Figure 5 : Déplacement U_y moyen corrigé par maille (mm)

Pour illustrer les déformations au niveau des joints, les déformations moyennes (ϵ_{xx} , ϵ_{xy} , ϵ_{yy}) ont été projetées sur les vecteurs normal et tangentiel de chaque bloc.

$$e_n = n^T \times \epsilon \times n$$
$$e_t = \epsilon \times n - e_n \times n$$

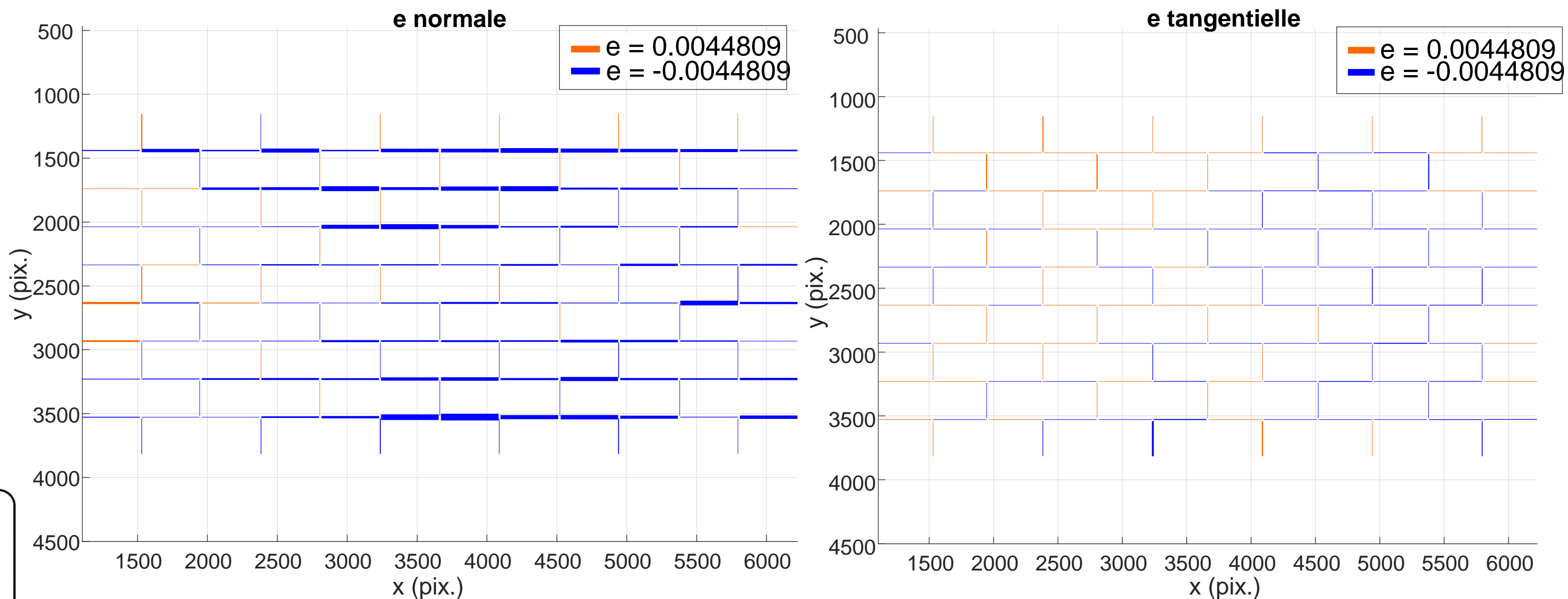
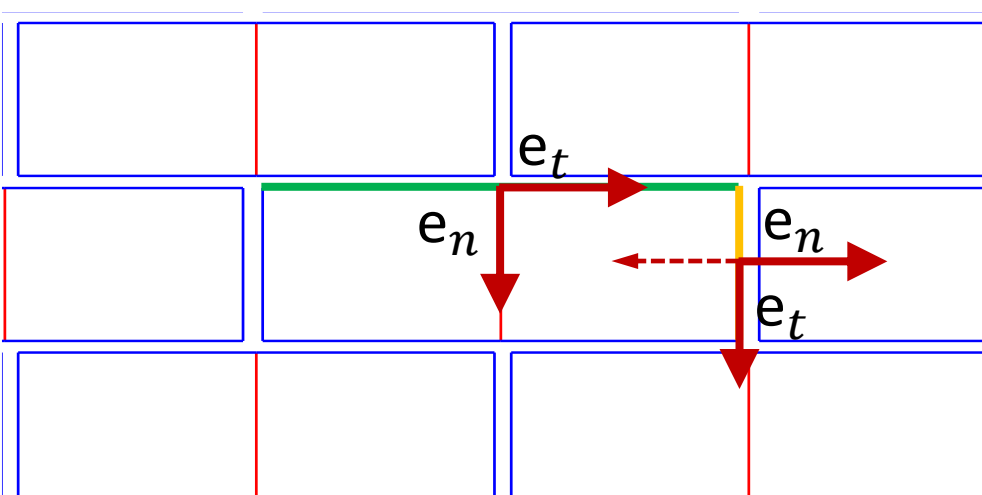


Figure 6 : Déformation normale (e_n) et déformation tangentielle (e_t)

Zones de déformation plus marquées, notamment en haut et en bas du mur. Possiblement liées aux conditions aux limites.

Hypothèse : $E_{\text{blocs}} = 11 \text{ GPa}$

$E_{\text{maçonnerie}} \text{ moyen par lit } \in [1894 \text{ MPa}; 5422 \text{ MPa}] / E_{\text{maçonnerie}} = 1,3 \text{ GPa}$ dans [1].

c) Charge de compression-cisaillement (V+H) (cycle 10)

Les calculs sous chargement de compression cisaillement ont donné les déformations e_n et e_t au niveau des joints suivants.

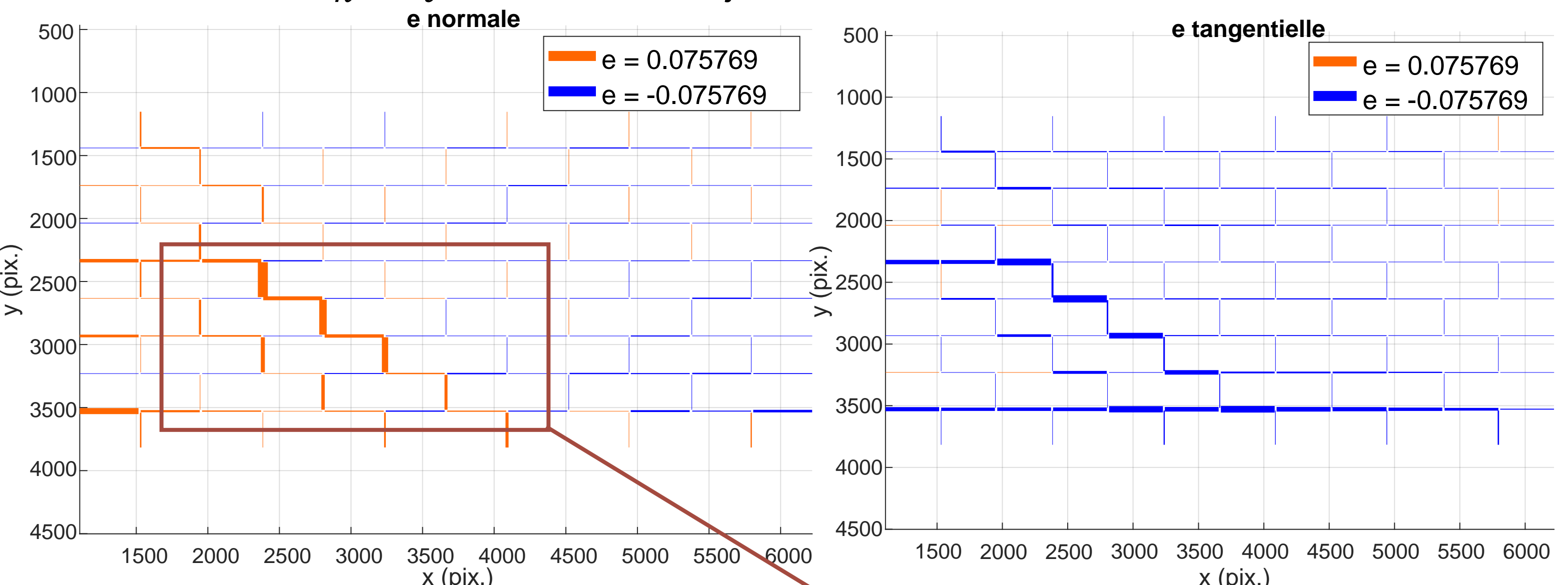


Figure 7 : Déformation normale (e_n) et déformation tangentielle (e_t) sous chargement de compression cisaillement

Apparition des fissures diagonales
fortes déformations en traction dans les joints verticaux
fissure horizontale visible à la base du mur.

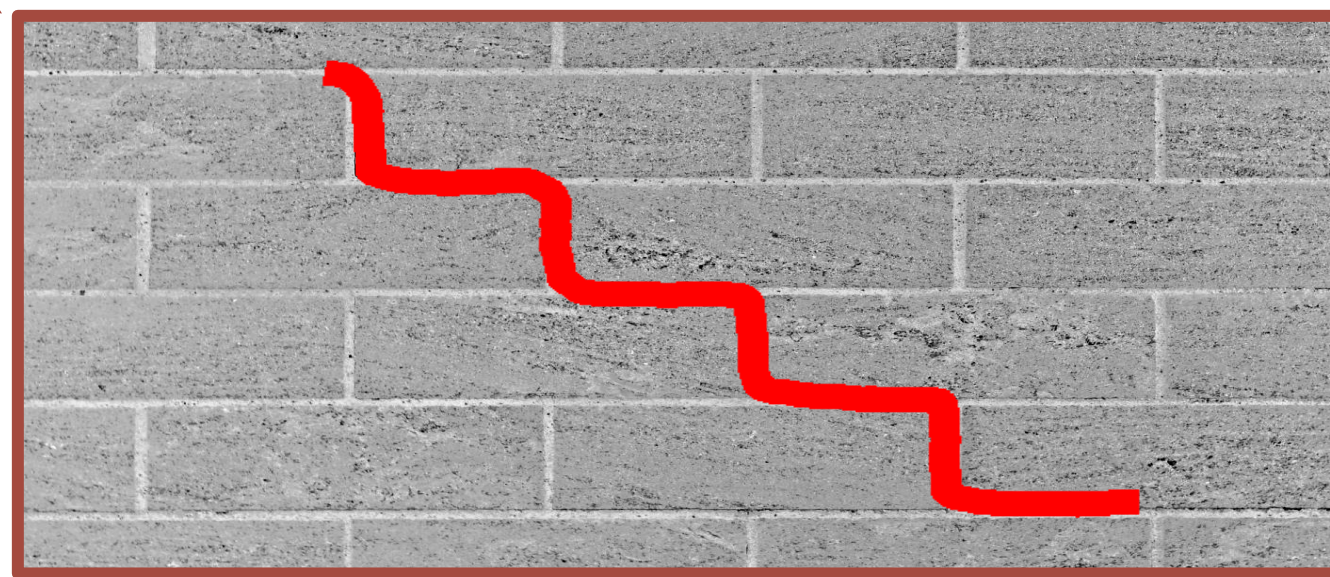


Figure 8 : Image de la fissure diagonale sur le mur

Conclusion :

Le traitement d'images a permis d'estimer globalement le module de Young de la maçonnerie, tout en révélant localement les déformations dans les joints et l'initiation des fissures.

References :

- [1] V. Venzal, « Modélisation discrète du comportement mécanique des ouvrages maçonnés en pierre. Aspects expérimentaux - Analyse énergétique », phdthesis, Université de Bordeaux, 2020. Consulté le : 3 décembre 2024. [En ligne]. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-03003557>
- [2] A. Boukham, V. Venzal, T. Parent, S. Morel, F. Dubois, et B. Solbes, « 3D hybrid modeling approach combining the finite and discrete element methods: Validation based on masonry shear wall tests », International Journal of Solids and Structures, vol. 289, p. 112638, mars 2024, doi: 10.1016/j.ijsolstr.2023.112638
- [3] V. Venzal, V. Huon, T. Parent, F. Dubois, S. Morel, et B. Wattrisse, « In-plane shear behaviour of masonry wall under constant normal load - Experimental investigation and discrete element modelling », in PhotoMechanics2018, Toulouse, France, mars 2018. Consulté le : 6 décembre 2024. [En ligne]. Disponible sur : <https://hal.science/hal-02080886>

JOURNEES NATIONALES
MAÇONNERIE

5ème édition - Bordeaux

12 et 13 Juin 2025

