



HAL
open science

Étude statistique de la réponse mécanique lors d'essais de traction directe à l'échelle locale

Joffrey Lhonneur, Andrei Girboveanu, Frédéric Jamin, Céline Péliissou, Yann Monerie, Moulay Saïd El Youssoufi

► **To cite this version:**

Joffrey Lhonneur, Andrei Girboveanu, Frédéric Jamin, Céline Péliissou, Yann Monerie, et al.. Étude statistique de la réponse mécanique lors d'essais de traction directe à l'échelle locale. *Mecamat - Rupture des Matériaux et des Structures*, Jan 2019, Aussois, France. . hal-02084174

HAL Id: hal-02084174

<https://hal.science/hal-02084174>

Submitted on 29 Mar 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.

Étude statistique de la réponse mécanique lors d'essais de traction directe à l'échelle locale

J. Lhonneur^{1,4}, A. Girboveanu², F. Jamin^{3,4}, C. Pélissou^{1,4}, Y. Monerie^{3,4}, M. S. El Youssefi^{3,4}

¹ IRSN, Saint-Paul-lez-Durance, France ² UTCB, Dép. de Constructions en Béton Armé, Bucarest, Roumanie

³ LMGC, Univ. Montpellier, CNRS, France ⁴ MIST Lab, IRSN, CNRS, Univ. Montpellier, France

{joffrey.lhonneur, celine.pelissou}@irsn.fr, {andrei.girboveanu, frederic.jamin, yann.monerie, moulay-said.el-youssefi}@umontpellier.fr

Mots-clés : Modélisation numérique, traction directe, échelle locale, incertitude

Essai de traction directe

Mis en place dans le but de caractériser le **comportement à rupture** d'une **pâte de ciment à l'échelle locale** (de l'ordre du centimètre) [1].

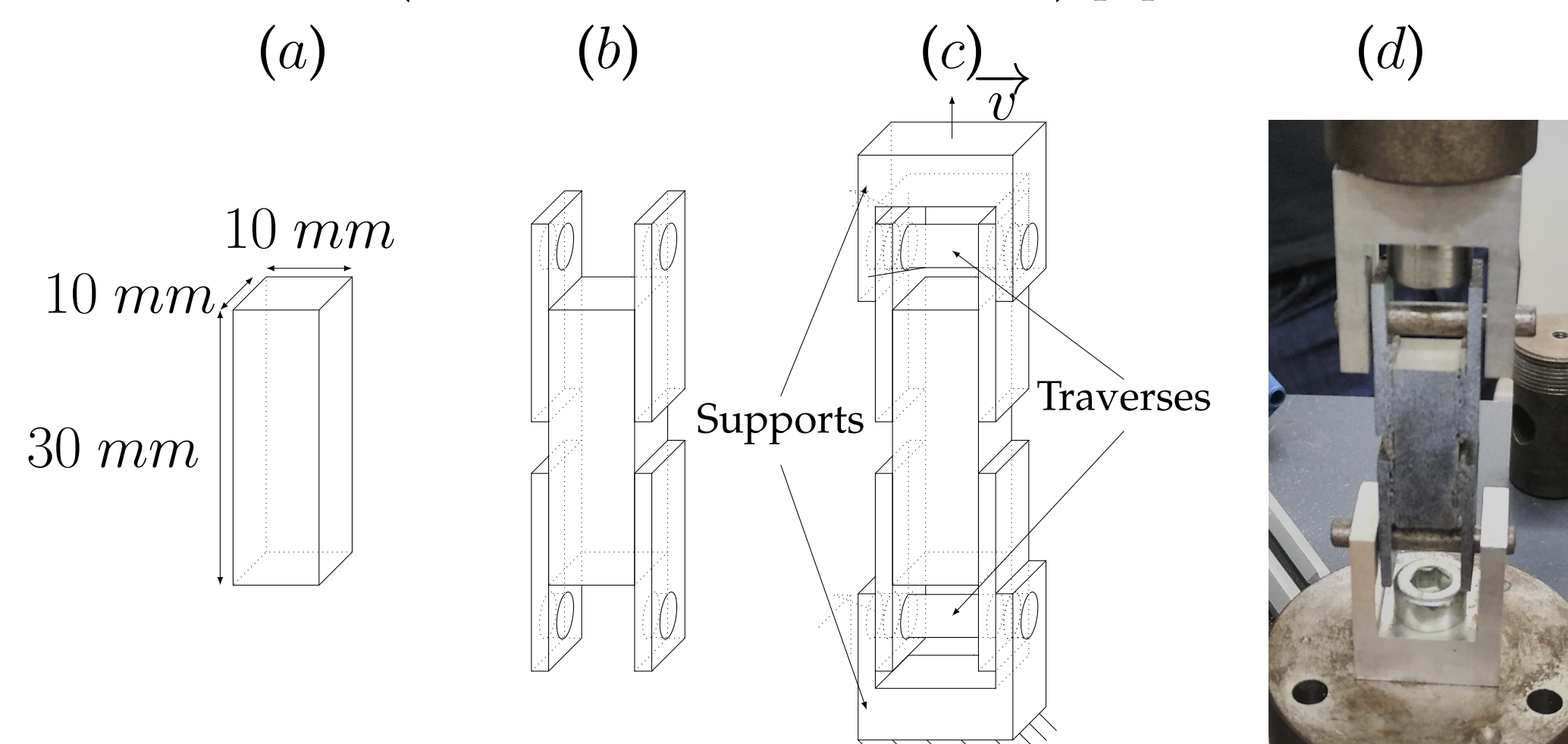


FIGURE 1 – (a) Géométrie des éprouvettes de ciment, (b) éprouvette de traction collée à quatre fixations en acier, (c) principe de l'essai et (d) photo d'une éprouvette montée sur le dispositif de traction.

Les éprouvettes ont une **taille caractéristique faible devant celle d'un Volume Élémentaire Représentatif (VER)** pour la rupture :

- Les **paramètres matériaux de la pâte de ciment varient** d'un échantillon à l'autre.
- On mesure ici une **statistique des paramètres matériaux** et pas seulement une valeur moyenne.

Problème : La seule donnée des réponses mécaniques de cet essai de traction permet-elle la mesure de la statistique des paramètres mécaniques de la pâte de ciment à l'échelle locale ?

Sources de dispersion

La **dispersion des paramètres matériaux** de la pâte de ciment à cette échelle n'est **pas la seule source de dispersion des réponses mécaniques** des essais. **L'identification** de la statistique des paramètres matériaux de la pâte de ciment peut être rendue **impossible** par un **effet de masquage** dû à la présence d'**autres sources de dispersion** telles que :

- une dispersion des paramètres mécaniques de la colle servant à lier les fixations en acier à l'éprouvette ;
- une dispersion de la géométrie des zones réellement collées ;
- le jeu entre les fixations et les traverses (voir Figure 2.c-d) ;

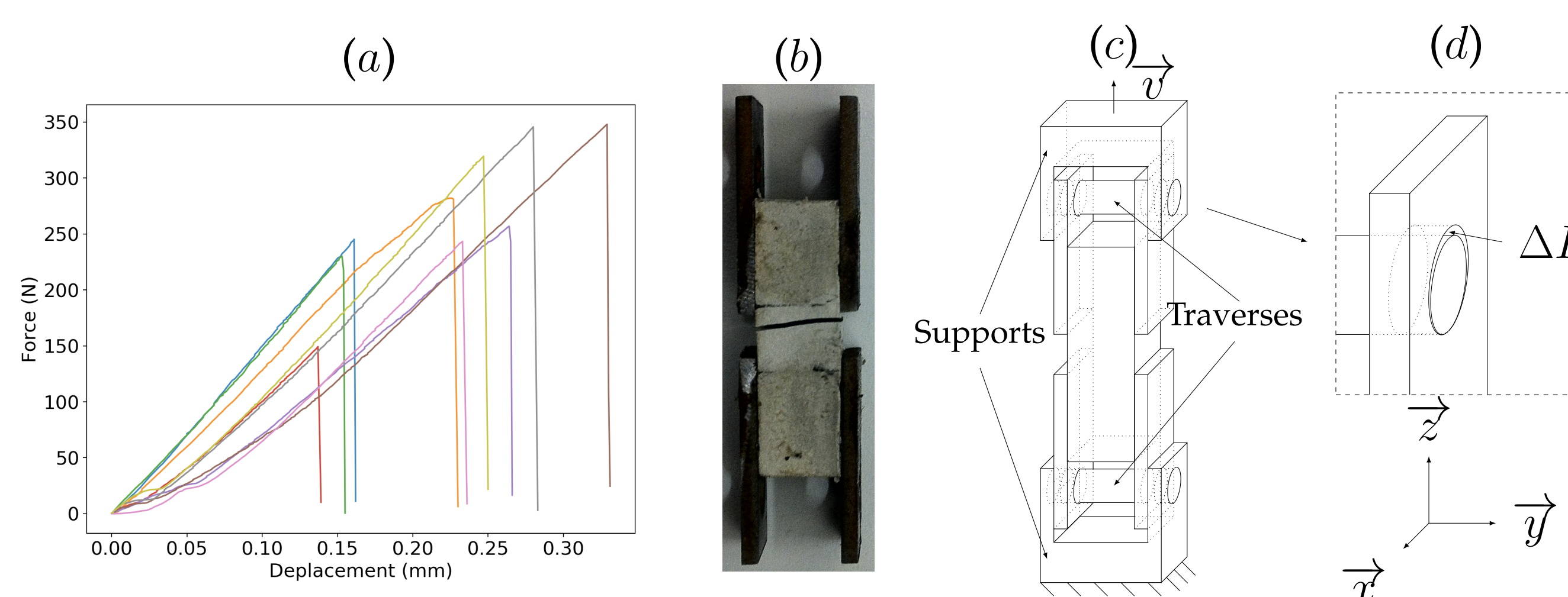


FIGURE 2 – (a) Réponses expérimentales obtenues sur neuf essais de traction directe sur une pâte de ciment pure à 90 jours d'hydratation, (b) faciès de rupture d'une éprouvette de pâte de ciment en traction directe, (c) principe de l'essai et (d) zoom sur le jeu entre une fixation et une traverse.

- Si **le jeu** entre les fixations et les traverses et/ou la dispersion des caractéristiques des zones collées **contribuent fortement** à la dispersion des réponses mécaniques observées (voir Figure 2.a), **la seule donnée des courbes de traction ne permet pas l'identification** de la statistique des paramètres mécaniques de la pâte de ciment à l'échelle locale.

Impact du jeu entre les fixations et les traverses

- Afin d'établir une statistique de la réponse mécanique de l'essai de traction, **1000 simulations en déformations planes** ont été effectuées sur LMGC90 [2].
- Pour chaque simulation, **les positions initiales des fixations** vis-à-vis des traverses suivant la direction z (voir Figure 2.d) sont **aléatoirement choisies**.

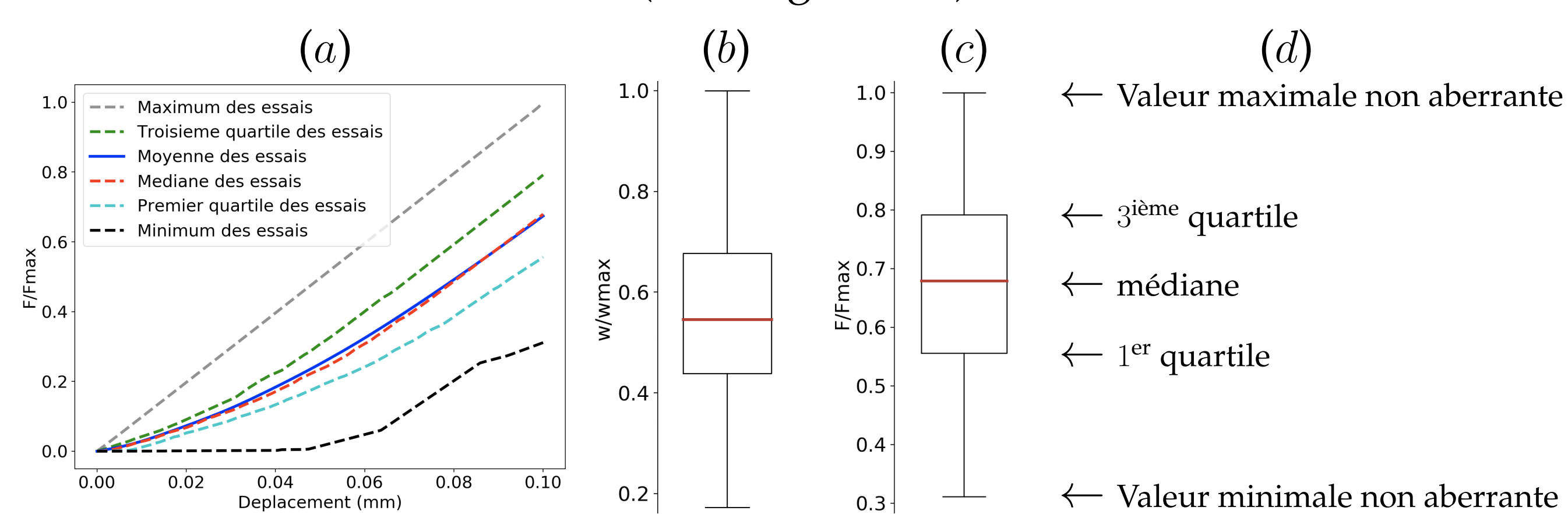


FIGURE 3 – (a) Statistique des réponses numériques des essais de traction, (b) statistique de l'énergie élastique accumulée lors de l'essai, (c) statistique de la force au déplacement final et (d) explication des diagrammes boîtes.

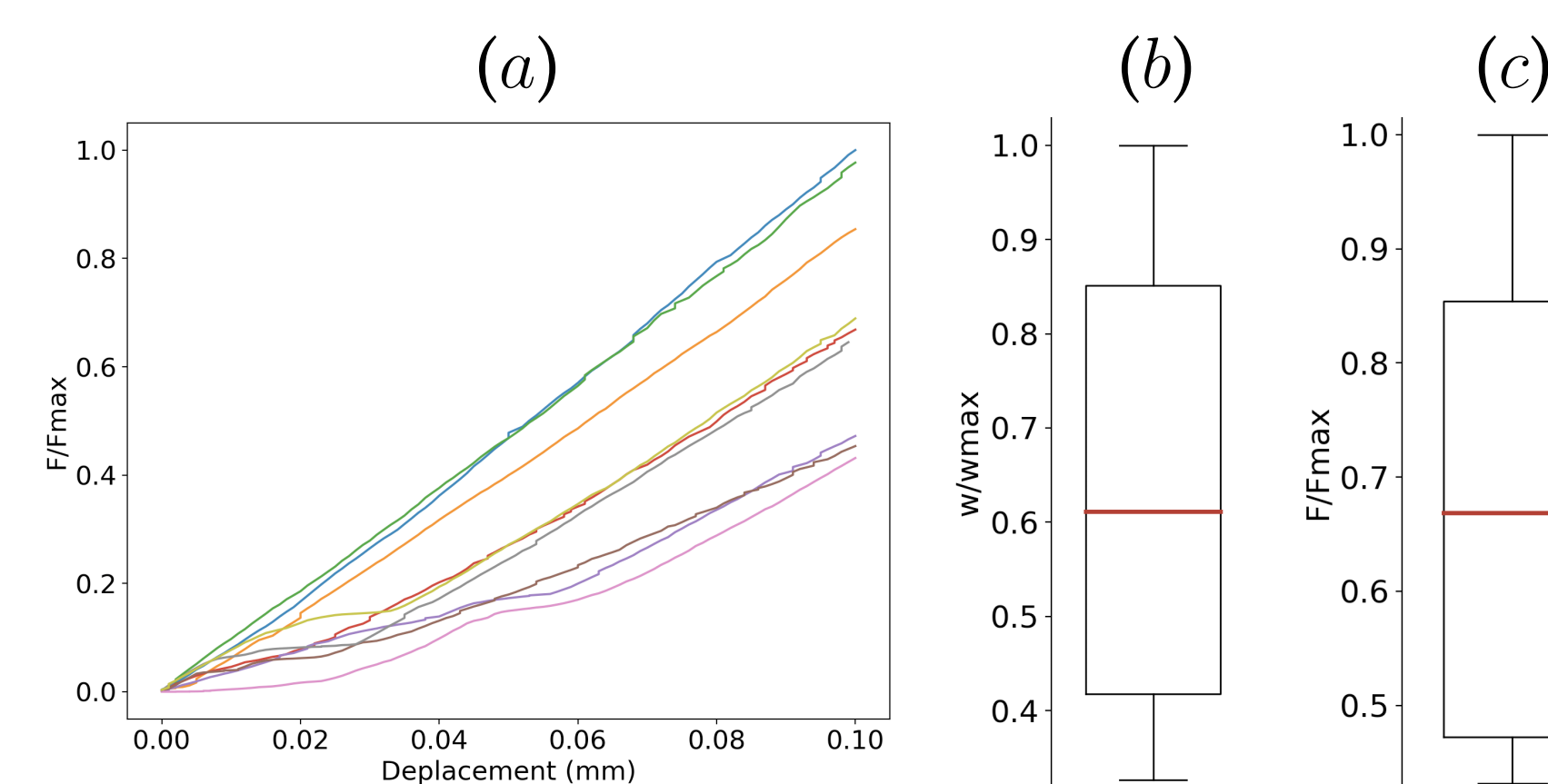


FIGURE 4 – (a) Statistique des réponses expérimentales des essais de traction, (b) statistique de l'énergie élastique accumulée lors de l'essai et (c) statistique de la force au déplacement final.

- Une variation autour de la valeur médiane de la force à un allongement de $0,1 \text{ mm}$ d'environ **29%** pour l'étude expérimentale contre **18%** pour l'étude numérique.
- Une variation autour de la valeur médiane de l'énergie élastique accumulée à un allongement de $0,1 \text{ mm}$ d'environ **39%** pour l'étude expérimentale contre **24%** pour l'étude numérique.

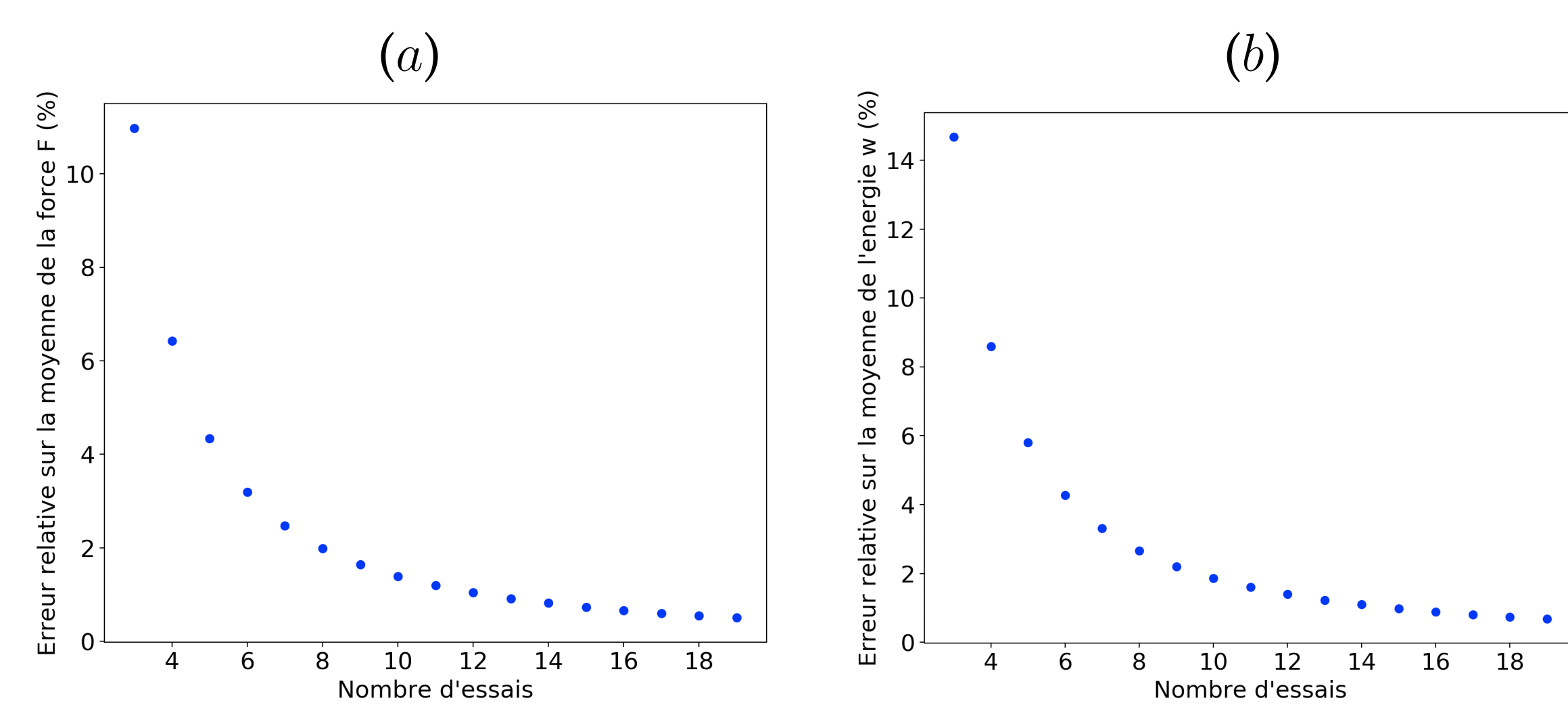


FIGURE 5 – En fonction du nombre d'essais effectués : (a) précision sur la moyenne de la force F au déplacement final, (b) précision sur la moyenne de l'énergie élastique accumulée w .

- Les moyennes sur **trois** essais de la force F au déplacement final et de l'énergie élastique accumulée w ne peuvent être estimées, respectivement, qu'avec une précision à **12%** pour F et à **14%** pour w . En revanche, une précision à moins de **2%** pour F et w est estimée en effectuant la moyenne sur **dix** essais.

Conclusions et Perspectives

- Acquisition de valeurs moyennes** des paramètres de la pâte de ciment à l'échelle locale **possible** par utilisation de l'essai de traction. **Compter une dizaine d'essais**.
- Acquisition de la statistique des propriétés mécaniques de la pâte de ciment impossible** par la seule utilisation des réponses mécaniques.
- Recours à une autre méthode de mesure : **imagerie, corrélation d'images** [3].

Références

[1] M. Jebli et al., Experimental characterization of mechanical properties of the cement paste-aggregate interface in concrete, *Construction and Building Materials*, Elsevier, vol. 161, 16-25, 2018.
 [2] F. Dubois et al., LMGC90. 10^{ième} Colloque National en Calcul des Structures, Giens, 2011.

[3] A. Chrysochoos et al., Fields of stored energy associated with localized necking of steel, *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, Mathematical Sciences Publishers, vol. 4-2, 245-262, 2009.