



RAPPORT D'ESSAIS

TITRE : ESSAIS DE CISAILLEMENT SUR MUR PORTEUR TERRE-PAILLE
PROJET : RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT NEBRASKA)

Clients	Nebraska
Auteurs rapport	VIEUX-CHAMPAGNE Florent, SIEFFERT Yannick
Auteurs essais	VIEUX-CHAMPAGNE Florent, SIEFFERT Yannick

Laboratoire Sols, Solides, Structures, Risques – UMR 5521
Domaine universitaire – BP 53
38041 GRENOBLE CEDEX 9 France
www.3sr-grenoble.fr

Table des matières

1 Objectifs	2
2 Protocole des essais	2
2.1 Préparation des échantillons	2
2.2 Presse, pilotage et interface presse/échantillon	3
2.2.1 Portique de réaction	3
2.2.2 Conditions aux limites	3
2.2.3 Protocole de chargement	4
2.3 Dispositifs de mesure	4
2.3.1 Mesures ponctuelles	4
3 Résultats des essais	5
4 Faciès de rupture	6

1 Objectifs

L'objectif de ces essais est de mieux comprendre le comportement en cisaillement des murs porteurs en paille enduite en surface intérieure et extérieure d'un mortier de terre.

La faciès de rupture, le comportement en cisaillement $\tau - \gamma$, la répartition des déformations et la propagation des fissures seront analysés en fonction de différents paramètres de conception des murs.

2 Protocole des essais

2.1 Préparation des échantillons

5 murs ont été réalisés avec les caractéristiques indiquées dans le Tableau 1.

Présenté de façon synthétique, le protocole de réalisation des murs consiste à suivre les étapes suivantes :

1. Disposition d'une lisse basse en bois.
2. Disposition de 2 pieux dans la lisse.
3. Empalement d'une botte sur les 2 pieux.
4. Disposition de 2 bottes sur la première.
5. Disposition d'une lisse haute.
6. Sanglage des lisses hautes et basses.
7. Empalement des bottes par au travers de la lisse haute.
8. Application du mortier.

TABLE 1 – Caractéristiques des murs réalisés

N° Mur	Mortier	CL	Détail technique
1	Terre fibrée	Confiné verticalement	-
2	Terre fibrée	Lesté à 400 kg	-
3	Terre fibrée	Confiné verticalement	-
4	Terre non fibrée	Confiné verticalement	-
5	Terre fibrée	Confiné verticalement	Fenêtre centrale
6	Chaux	Confiné verticalement	-

Les dimensions réelles mesurées et utilisées pour les calculs sont présentées dans le Tableau 2.

TABLE 2 – Add caption

N° Mur	Hauteur (mm)	Largeur (mm)	Epaisseur de mortier sur 1 face (mm)
1	1207	997	36
2	1182	997	40
3	1207	990	33
4	1221	997	32
5	1209	1001	45
6	1217	1001	30

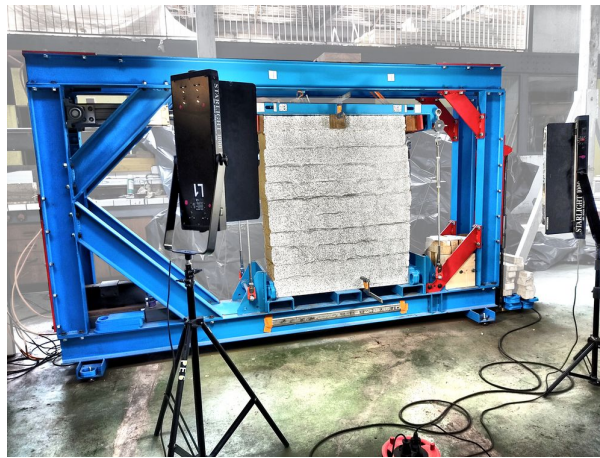


FIGURE 1 – Portique de réaction – configuration cisaillement

2.2 Presse, pilotage et interface presse/échantillon

2.2.1 Portique de réaction

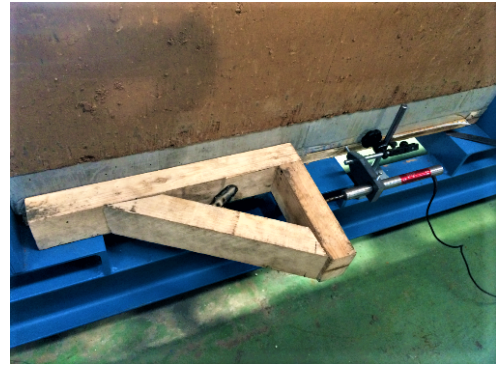
Le portique de réaction permet d'étudier le comportement d'un élément de structure sous chargement latéral (cf. Figure 1). Un vérin électrique d'une capacité de 45 kN applique la charge à un chevêtre situé sur le mur qui permet la transmission dans les 2 directions de chargement au mur. Afin d'éviter le soulèvement du mur pour assurer une configuration de cisaillement pure bien maîtrisée en mécanique, 4 tirants sont situés 2 à 2 de part et d'autre du chevêtre.

2.2.2 Conditions aux limites

Le mur à tester est disposé sous le chevêtre. Des plateaux en structure bois sont confinées latéralement entre les épaulements du chevêtre et des appuis bas via des cales de rattrapage de jeu. Les tirants sont serrés de façon à assurer le contact vertical à partir d'un confinement d'environ 700 kN.



(a) en tête de mur



(b) en pied de mur

FIGURE 2 – Disposition des capteurs LVDTs

2.2.3 Protocole de chargement

Le pilotage est réalisé en déplacement. C'est à dire que l'on impose un déplacement en tête du mur monotone croissant. Le déplacement augmente dans ce cas jusqu'à la rupture du mur ou jusqu'à la limite de déplacement latérale possible avec le portique.

2.3 Dispositifs de mesure

2.3.1 Mesures ponctuelles

Le déplacement appliqué en tête de mur ne doit pas impliquer un mouvement du bas du mur que l'on peut considérer comme un mouvement de corps rigide (mouvement d'ensemble ne participant pas à la déformation de la structure). Ainsi le déplacement de consigne $\Delta = d_h - d_b$ présenté dans la section 2.2.3 est calculé à partir de la différence d'une mesure de déplacement de la longrine haute d_h via le LVDT 1 (cf. Figure 2a) à laquelle est retranchée le déplacement mesuré au niveau de la longrine basse d_b (cf. LVDT 2 illustré sur la Figure 2b). Un LVDT (Linear Variable Differential Transformer) est un capteur mesurant le déplacement en un point.

La force est mesurée grâce à un capteur de force d'une capacité de 100 kN situé entre la tige du vérin et le chevêtre.

Enfin, chaque tirant dispose d'un capteur de force. Les tirants 1 et 2 sont situés côté vérin et les tirants 3 et 4 sont situés de l'autre. Les tirants 1 et 4 sont situés de part et d'autre de la même face de mur.

3 Résultats des essais

Les Figures 3a et 3b présentent respectivement le comportement Force en fonction du déplacement Δx et le comportement en cisaillement $\tau - \gamma$ où Δx est la différence de déplacement obtenu par corrélation d'images numériques entre le haut du mur et le bas du mur, $\tau = \frac{F}{S}$ est la contrainte de cisaillement (où S est la section transversale du mur) et $\gamma = \Delta x/h$ (où h est la hauteur du mur) est la distorsion pouvant être assimilée à la rotation du mur.

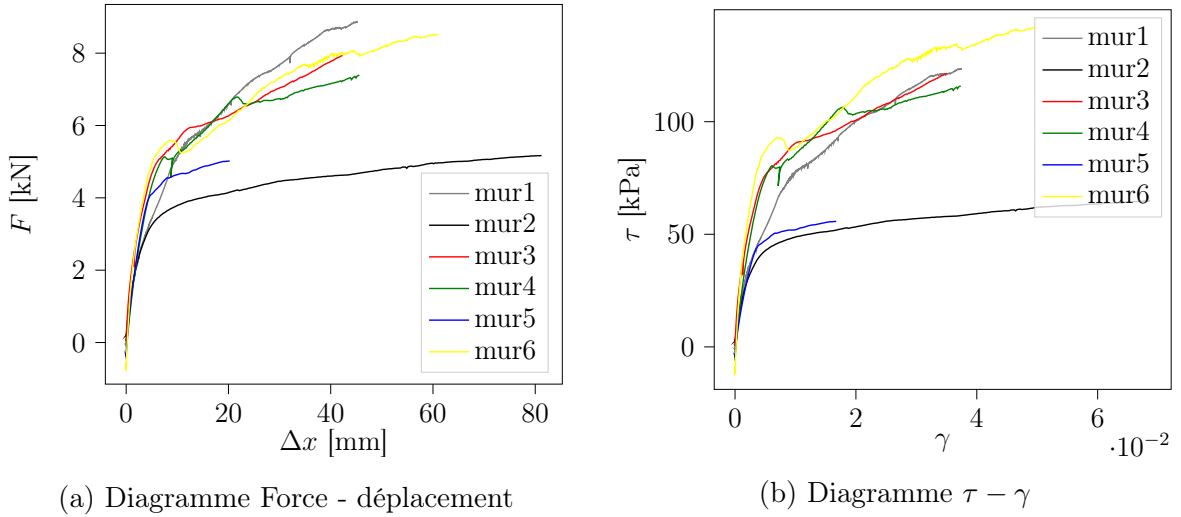


FIGURE 3 – Comportement global des murs

Ces Figures montrent que le comportement des murs se divise en 2 parties. À partir des observations in-situ, on peut faire l'hypothèse que durant la première phase, les épaisseurs de mortier contribuent au contreventement en assurant la transmission des charges par la bielle de compression et que durant la seconde phase, les épaisseurs de mortier se désolidarisent complètement de la lisse basse, seule la paille porteuse et sa structure de pieux contribuent alors au contreventement.

À partir de la Figure 3b, il est possible d'extraire un module de cisaillement en phase 1 et en phase 2. Pour ce faire, une approximation par la méthode des moindres carrés est effectuée sur les 2 phases comme illustré par la Figure 4. L'intersection des 2 droites donne le déplacement Δ_y et le bout de la seconde droite donne le déplacement ultime Δ_u .

Le Tableau 3 résume les valeurs obtenues pour le module de cisaillement G . La ductilité $\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$ a également été calculée. La ductilité est donnée à titre indicatif pour son ordre de grandeur plus que pour sa valeur puisque Δ_u dépend souvent de la capacité en déplacement de la presse plus que de celle du mur.

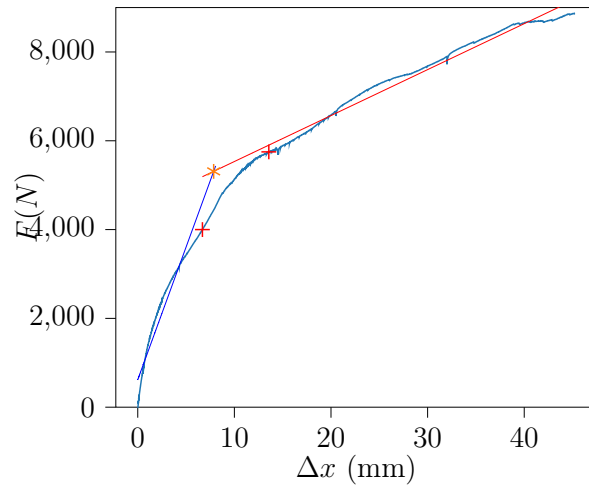


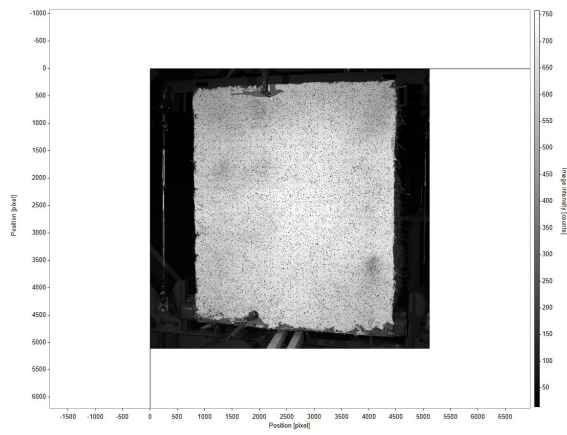
FIGURE 4 – Approximation du comportement en cisaillement des murs

TABLE 3 – Add caption

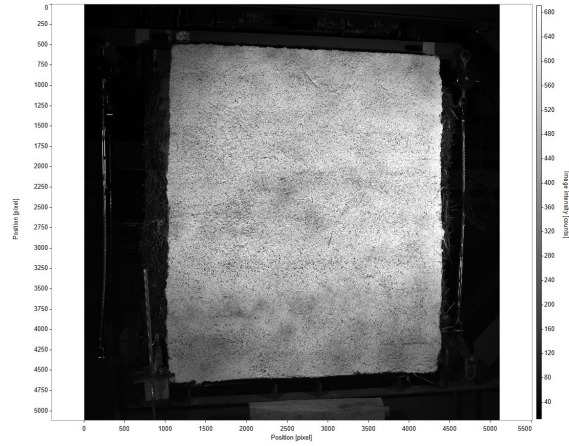
N° Mur	G (GPa)	μ
1	12,1	5,8
2	11,1	26,0
3	16,9	10,9
4	15,6	11,5
5	18,0	8,9
6	23,2	15,5

4 Faciès de rupture

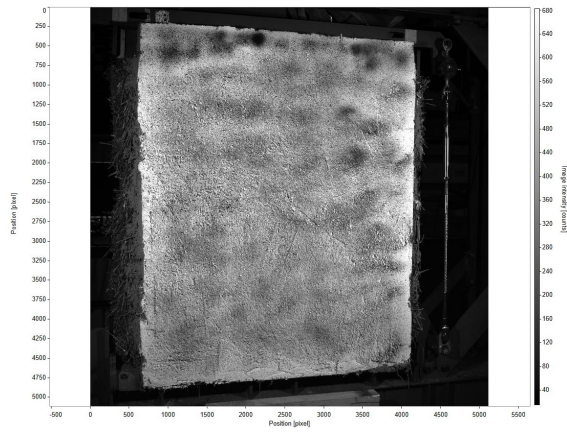
La Figure 5 présente l'état initial des 6 murs alors que les Figures 6 à 11 présentent les faciès des murs en fin d'essai ainsi que le champ vectoriel de déplacement et le champ scalaire des déformations ε_{xx} , ε_{yy} et ε_{xy} .



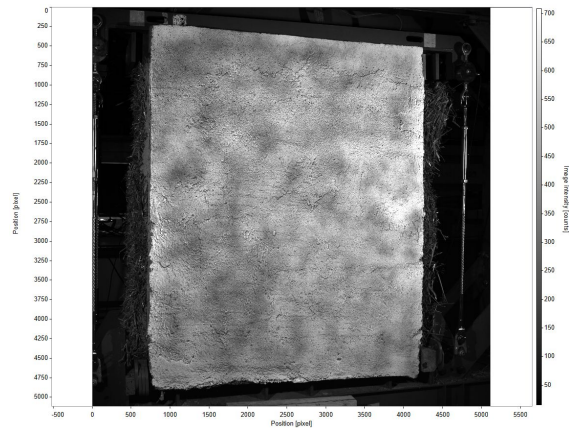
(a) Mur 1



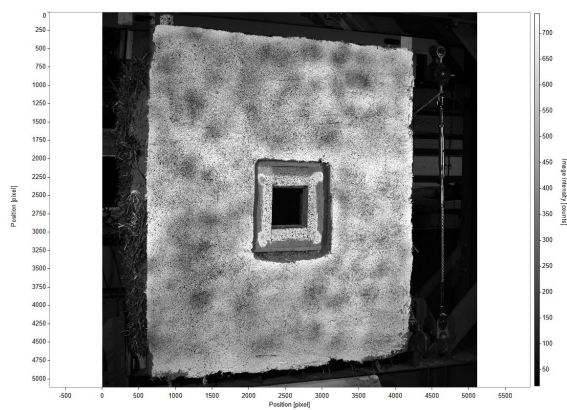
(b) Mur 2



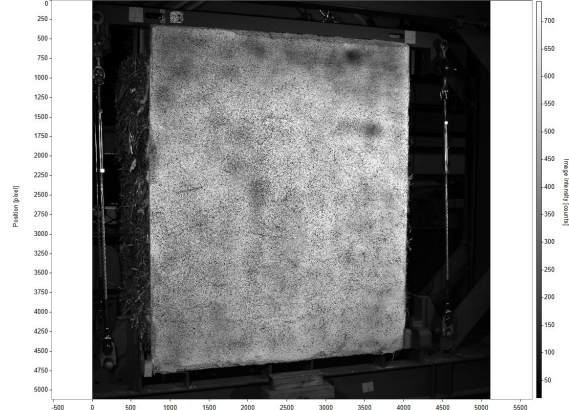
(c) Mur 3



(d) Mur 4



(e) Mur 5



(f) Mur 6

FIGURE 5 – Etat initial des murs

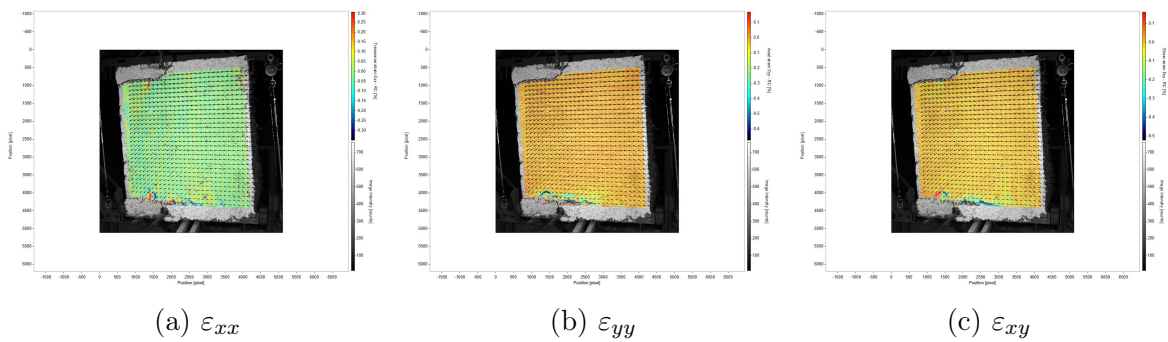


FIGURE 6 – Facies des murs en fin d'essai mur 1

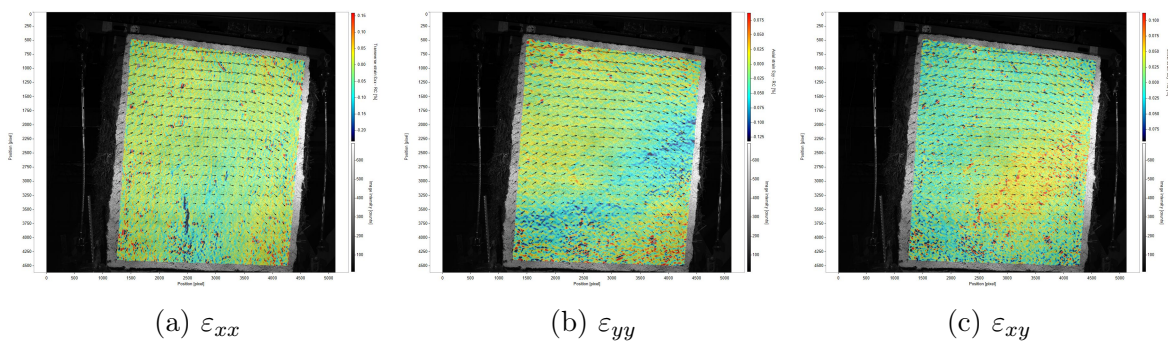


FIGURE 7 – Facies des murs en fin d'essai mur 2

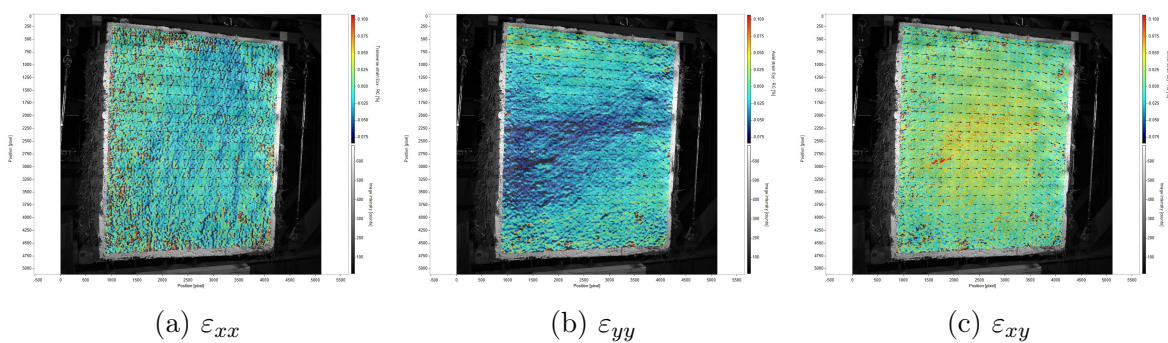


FIGURE 8 – Facies des murs en fin d'essai mur 3

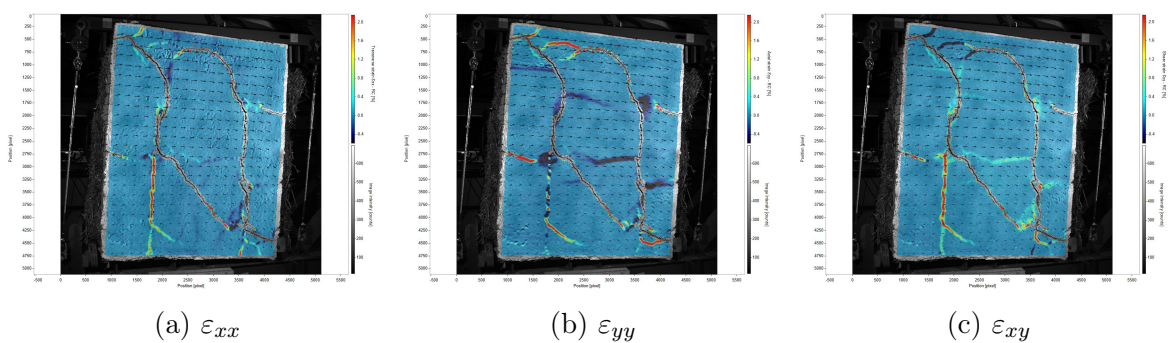


FIGURE 9 – Facies des murs en fin d'essai mur 4

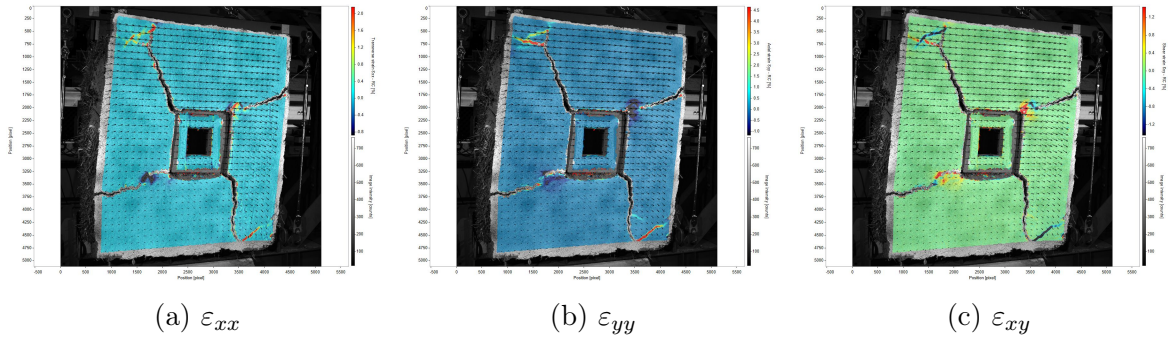


FIGURE 10 – Facies des murs en fin d'essai mur 5

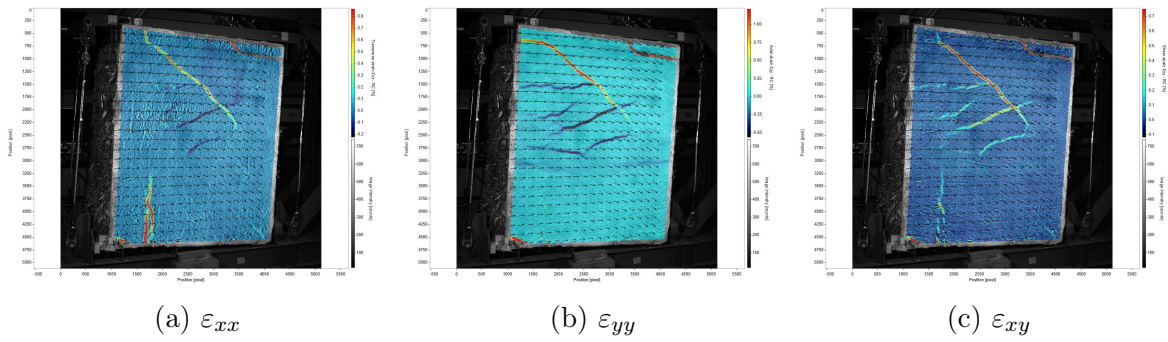


FIGURE 11 – Facies des murs en fin d'essai mur 6