

Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Concernant un mur en paille « GREB »

Ce rapport d'essais atteste uniquement des caractéristiques de l'objet soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue pas une certification de produits au sens des articles L 115-27 à L 115-33 et R115-1 à R115-3 du code de la consommation. Seul le rapport électronique signé avec un certificat numérique valide fait foi en cas de litige. Ce rapport électronique est conservé au CSTB pendant une durée minimale de 10 ans. La reproduction de ce rapport électronique n'est autorisée que sous sa forme intégrale. **Il comporte 18 pages.**

A LA DEMANDE DE :

APPROCHE PAILLE

11 rue de Lutèce

45000 ORLEANS

Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

OBJET

Essai de résistance au contreventement, en appliquant un chargement monotone croissant sur un mur en bois isolé en paille monté avec la technique du GREB, complété par des essais de caractérisation mécanique du mortier de remplissage (masse volumique apparente, résistance à la traction par flexion et à la compression).

TEXTES DE REFERENCE

NF EN 1015-11+A1 (mai 2007) : Méthodes d'essai des mortiers pour maçonnerie – détermination de la résistance à la traction par flexion et à la compression du mortier durci.

NF EN 772-1+A1 (décembre 2015) : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie : détermination de la résistance à la compression.

OBJET SOUMIS À L'ESSAI

Procédé présenté par	: APPROCHE PAILLE
Marque commerciale / Identification	: mur en paille « GREB »
Date de fabrication	: du 24/02 au 26/02/2016
Date des essais	: 06/04/2016 et 29/04/2016
Opérateurs d'essais	: Elodie LOHEAS et Olivier JOUSSE
Rédacteur du rapport	: Elodie LOHEAS
Relecture du rapport	: Julien CORDIER

Fait à Marne-la-Vallée, le 13 juin 2016

Le Responsable de pôle
Division Mécanique et Résistance au feu

Julien CORDIER

1 Identification du laboratoire et programme d'essais

L'essai a eu lieu le 06/04/2016 dans le Laboratoire STRUCTURES de la DIRECTION SECURITE, STRUCTURES et FEU, au CSTB de MARNE LA VALLÉE.

Tableau 1 : programme d'essais effectués

N° D'ESSAI	TYPE D'ESSAI	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU CORPS D'EPREUVE
16 024	Essai de résistance au contreventement, chargement monotone croissant	Mur constitué d'une double ossature bois légère, reliées entre elles par des feuillards, isolée en paille et contreventée par un remplissage en béton de bois banché H=2,50m L=3,0m e=0,44m
M16 036	Caractérisation mécanique du mortier de remplissage [1]	Eprouvettes prélevées dans le mur après l'essai : <ul style="list-style-type: none">- 3 éprouvettes testées dans le sens vertical (sens du coulage du mortier)- 3 éprouvettes testées dans le sens horizontal

[1] : Masse volumique apparente (NF EN 1015-10), Résistance à la traction par flexion et à la compression (NF EN 1015-11).

2 Description du procédé

Les dimensions sont données en [mm].

Les plans du procédé de construction, objet de ce rapport, sont ceux fournis par le commanditaire.

2.1 Description

La technique du GREB consiste à construire une double ossature bois légère reliées entre elles par des feuillards, isolée en paille et contreventée par un remplissage en béton de bois banché. Des clous sont fixés sur les montants de la double ossature bois, espacés de 10 cm à 15 cm dans le but d'assurer une liaison entre le bois, la paille et le béton de bois. Les dimensions réelles sont : hauteur $h = 2,50\text{m}$, longueur $l = 3,00\text{m}$ et d'épaisseur $e = 0,44\text{m}$. (Description issue de la notice technique du demandeur).

La maquette est montée sur une semelle en béton armé, qui a été coulée horizontalement de façon monolithique. Le jour de l'essai, des équerres ont été rajoutées aux quatre coins de la maquette en partie basse, pour renforcer les liaisons entre lisses basses et montants.

2.2 Montage / Mise en œuvre du procédé

Le bardage a été monté par des spécialistes de l'association APPROCHE PAILLE. Les principales étapes de fabrication sont les suivantes :

1. Pose et fixation du cadre bois sur la semelle en béton
2. Montage des montants verticaux
3. Montage des lisses hautes et fermeture de la structure bois
4. Remplissage du cadre bois inférieur avec du mortier
5. Mise en place des ballots de paille
6. Fixation des feuillards métalliques entre montants bois
7. Coulage du mortier entre les montants bois, par étapes successives, à l'aide de coffrage en bois OSB

NOTA : Le corps d'épreuve a été monté et conservé avant essai dans les conditions ambiantes de la halle du laboratoire.

Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Les montants sont fixés sur les lisses (basse et haute) à l'aide de deux vis à bois (à chaque extrémité de montant) de 5x80 vissées en biais (angle sensiblement égal à 60°).

Compléments d'informations fournies par le demandeur :

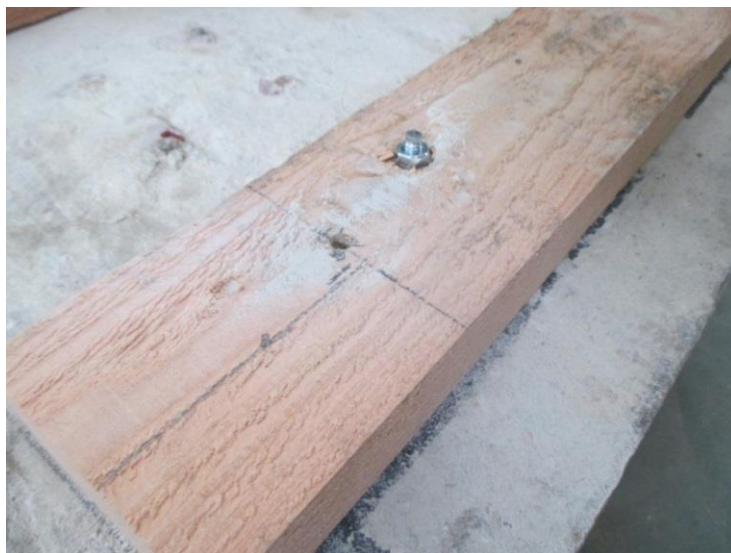
Le bois utilisé pour la fabrication du mur est du Douglas de classe C18.

La formulation du mortier GREB est la suivante:

- 4 volumes de sciure
- 3 volumes de sable (0/4mm)
- 1 volume de chaux aérienne CL90
- 1 volume de ciment (32,5)

Tous ces constituants sont malaxés dans une bétonnière avec de l'eau jusqu'à obtention de la consistance voulue.

Photographie 1 : Fixation des lisses basses dans la semelle en béton



Photographie 2 : référence des goudons de fixation de la lisse basse à la semelle



GOUJON D'ANCRAGE ACIER ZI 8X100 EP. 50MM - ATE OPTION 7

Cheville pour fixation lourde
Goujon d'ancrage BZ
Particularités :
filetage long, écrou et rondelle montés.
Douille en trois éléments garantissant une expansion équilibrée et bien répartie.
Acier zingué haute résistance pour des performances importantes.
Extrémité avec chanfrein protégeant le filetage lors de la pose.
Agrément technique européen : ETA-11/0124 - option 7.

Applications :
fixation de charges lourdes dans des matériaux pleins de type béton, pierre naturelle... Code : MOL 141
ø perç. : 8
Long. : 100
Prof. perç. mini : 55
Ep. maxi à fixer : 50

Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Photographie 3 : fixation des montants verticaux et des lisses hautes



Photographie 4 : maintien des montants verticaux avec feuilards



Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Photographie 5 : référence des vis de maintien des feillards aux montants



Photographie 6 : coffrage en planche OSB et coulage du mortier



Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Photographie 7 : Vue générale du mur après fabrication



Photographie 8 : vue des équerres ajoutées en partie basse avant l'essai (photo prise après l'essai)



2.3 Caractérisation mécanique du mortier

A la suite de l'essai de contreventement, des plaques de mortier ont été découpées dans le mur afin de déterminer les caractéristiques mécaniques principales du mortier de remplissage :

- Masse volumique
- Traction (par flexion)
- Compression

Les résistances à la flexion et à la compression sont déterminées en s'inspirant des dispositions à la NF EN 1015-11+A1 pour les mortiers de maçonnerie. Les essais ont été effectués sur des éprouvettes de dimensions environ 4 cm × 6 cm × 16 cm.

La résistance à la compression a été déterminée sur les demi-prismes provenant des éprouvettes après essais de flexion.

Les essais ont été réalisés au moyen d'une presse munie d'un capteur de force de 20 kN.

Demandeur : APPROCHEPAILLE
N° d'ordre : 26061323
Type d'essai : Masse volumique apparente (NF EN 1015-10), Résistance à la traction par flexion et à la compression (NF EN 1015-11)
Date de Fabrication : 25/02/2016
Date des Essais : 29/04/2016
Age des Epreuves : 64 jours
Conditions de conservation : 64 jours dans le hall de stockage
Chargé d'essais : Olivier JOUSSE

Eprouvettes prélevées dans le sens du coulage du mortier

N°	Masse volumique (kg/m ³)	f _t (MPa)	f _c (MPa)	
1	1330	0,95	1,85	1,95
2	1190	0,95	2,40	2,15
3	1170	1,10	2,60	1,70
Moyenne	1230	1,0	2,1	

Eprouvettes prélevées dans le sens transversal au coulage

N°	Masse volumique (kg/m ³)	f _t (MPa)	f _c (MPa)	
1	1270	1,00	1,85	1,80
2	1320	0,75	2,15	1,80
3	1180	0,65	1,85	1,85
Moyenne	1260	0,8	1,9	

3 Essai de résistance au contreventement

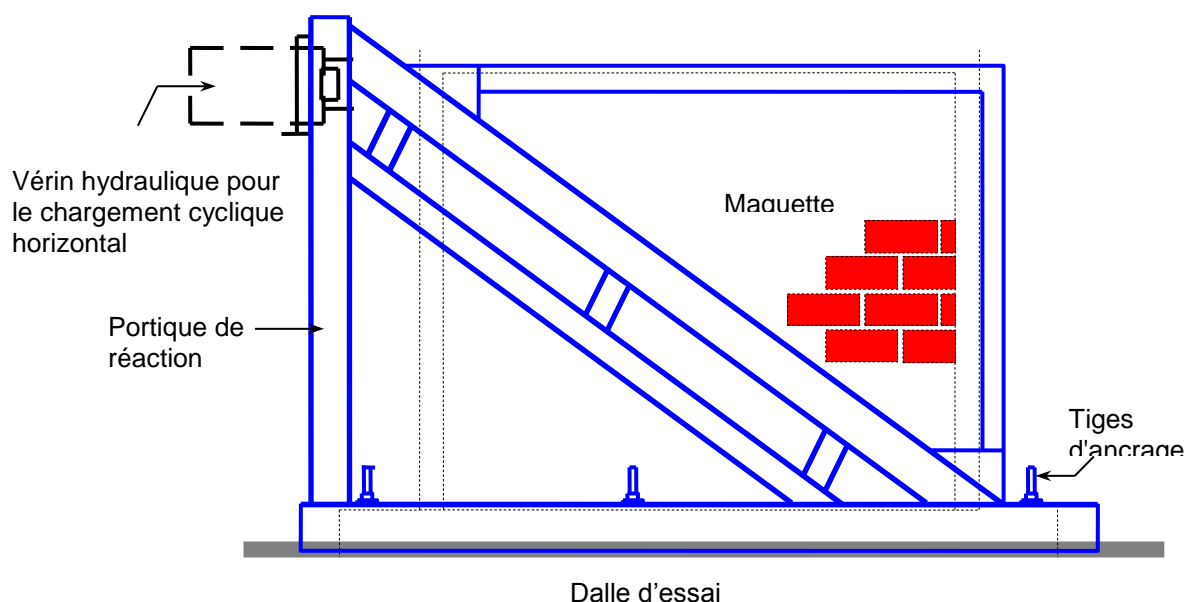
3.1 Mise en place du corps d'épreuve

L'essai est réalisé dans un portique d'essais mis au point par le CSTB. Ce portique est composé d'un double bâti de réaction en acier, très rigide, qui, sous une charge de 1 000 kN appliquée à une hauteur de 3 mètres, prend une flèche inférieure à 2 mm. Il reçoit un vérin hydraulique asservi d'une capacité maximale de 2 400 kN. L'effort statique ou «quasi-statique équivalent » est exercé dans le plan du mur situé à l'intérieur du bâti.

Ce portique de réaction est ancré à la dalle d'essai par des tiges d'ancrage en acier de haute résistance. Afin de limiter ses déplacements hors plan, le portique est contreventé latéralement.

Le portique d'essais est présenté sur le schéma ci-après :

Schéma 1 : Dessin de la maquette dans le dispositif d'essais



Le corps d'épreuve est placé dans le portique. La semelle du mur est fixée au portique en utilisant un dispositif mixte mécanique par boulonnage.

Une plaque en acier de 500 mm de large, 240 mm de haut et 35 mm d'épaisseur est mise en place à la tête du vérin pour permettre d'appliquer un chargement réparti en tête du corps d'épreuve. Une cale en bois est vissée sur le corps d'épreuves pour permettre une localisation du point d'application de la charge sur les lisses hautes.

3.2 Sollicitations appliquées

Le chargement appliqué en tête du vérin est un chargement monotone croissant jusqu'à ruine.

Ce chargement a été effectué en 2 phases pour permettre des observations.

3.3 Mesures effectuées

Le dispositif de mesures est constitué :

- d'un capteur de force de 3000 kN de marque FGP et de type FN 3100 mesurant la charge totale appliquée à la maquette.
- d'un ensemble de 15 capteurs de déplacement de marque SOLARTRON, de type L100, L20, L15 et L50 respectivement d'étendue de mesure ± 50 mm, ± 10 mm, $\pm 7,5$ mm et ± 25 mm mesurant le déplacement spécifique du corps d'épreuve. Les capteurs de déplacement sont de classe 0,2 selon la norme NF E 11-063.

La disposition des capteurs est illustrée par les photos suivantes.

Photographie 9 : position des capteurs en partie haute du mur



Ce positionnement de capteur est présent en partie haute, de part et d'autre du mur.

Les capteurs 20-24 et 18-22 mesurent respectivement les mouvements entre mortier et lisse horizontale et les mouvements entre lisses horizontales et montants verticaux.

Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Photographie 10 : position des capteurs en partie basse du mur



Ce positionnement de capteur est présent en partie basse, aux quatre coins de la liaison entre lisse basse et montants.

Les capteurs 29 et 31 mesurent les mouvements entre lisse horizontale et montant vertical côté vérin.

Les capteurs 12 et 14 mesurent les mouvements entre lisse horizontale et montant vertical côté opposé au vérin.

Photographie 11 : Position des capteurs de déplacement horizontal dans l'alignement du vérin, à l'opposé du vérin



Les capteurs 30, 28 et 32 mesurent le déplacement horizontal d'ensemble en tête du mur, par rapport au bâti d'essai. Ils sont positionnés du côté opposé au vérin.

Les numéros et le positionnement des capteurs sont indiqués dans les schémas 2 et 3 ci-après.

Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Schéma 2 : Positionnement des capteurs en face avant du mur

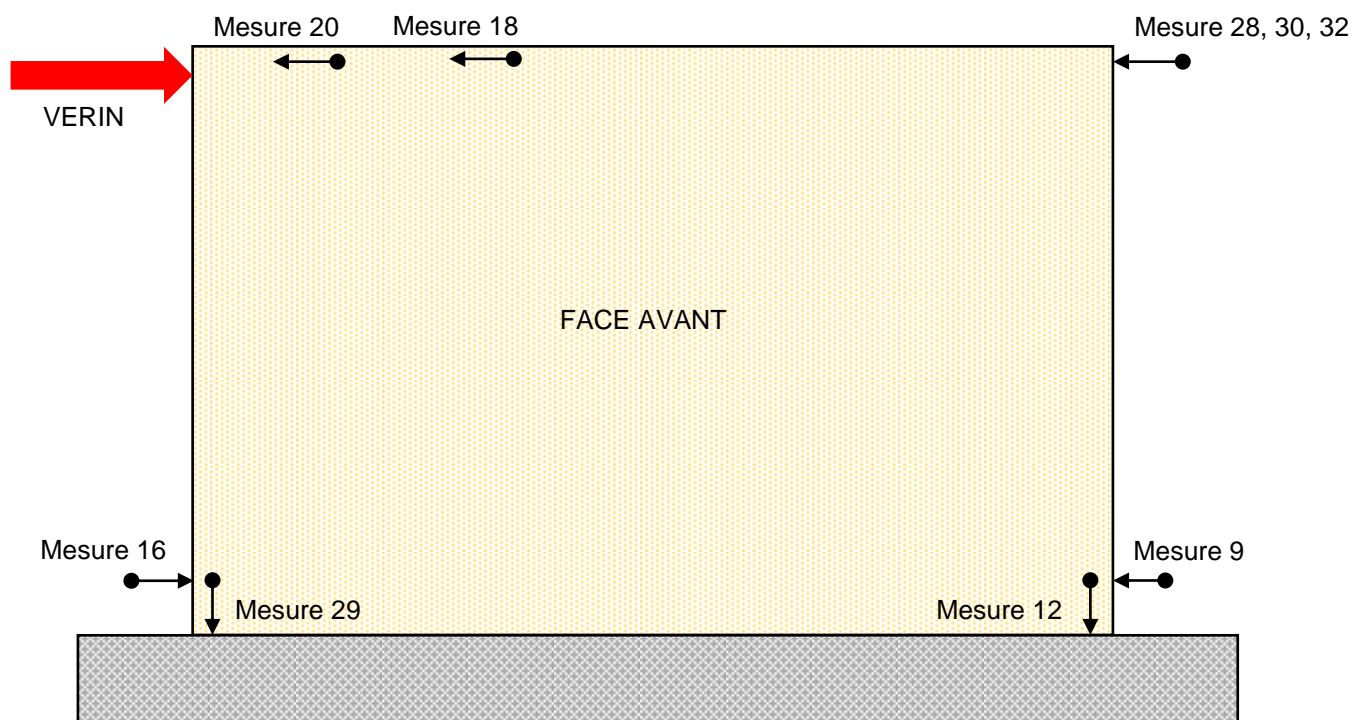
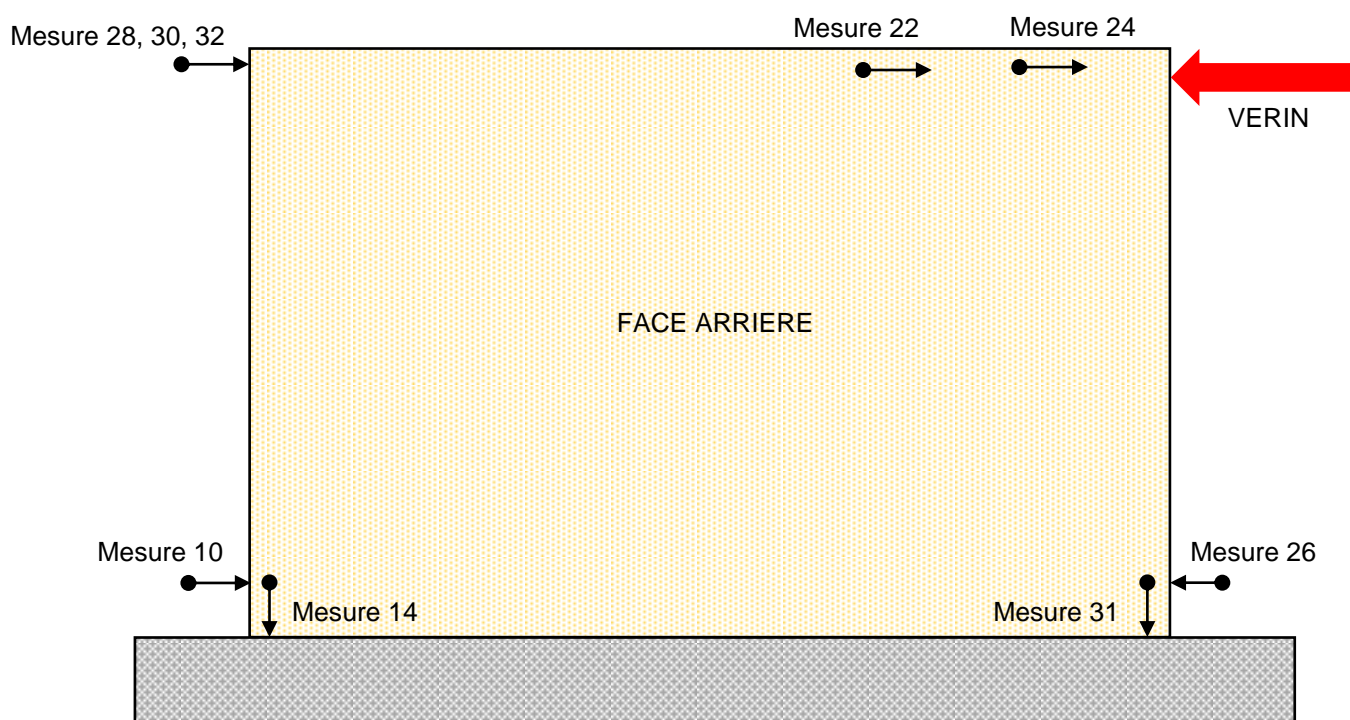


Schéma 3 : Positionnement des capteurs en face arrière du mur



3.4 Résultats des essais

Les résultats des essais sont consignés dans les graphiques suivants.

Les numéros des capteurs sont ceux indiqués dans les schémas 2 et 3.

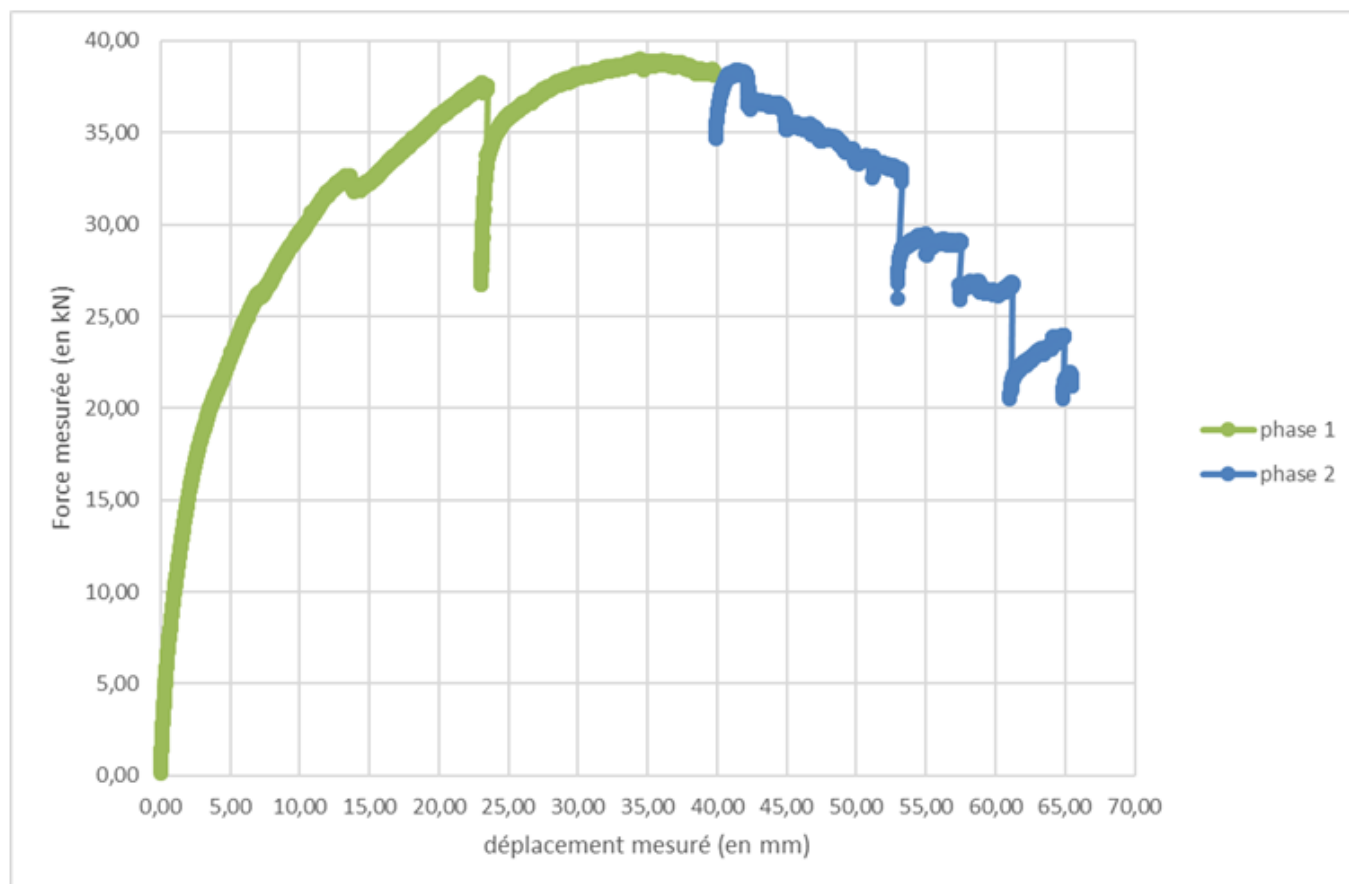
La première chute de charge est intervenue lors du début de l'arrachement entre lisses et montants.

La charge maximale est atteinte à 38 kN, le mur se présentant alors face à un phénomène de grand renversement : les liaisons basses entre lisses et montants étant rompues, tout le déplacement du vérin en tête de mur est converti en une rotation d'ensemble du mur. Le mur n'est alors plus sollicité en contreventement.

Nota : les mesures des capteurs 16, 9, 10 et 26 n'ont pas été présentées car les montants n'ont pas bougé horizontalement par rapport aux lisses basses.

Graphique 1 : déplacement horizontal moyen mesuré en tête de mur, en fonction de la force

Le déplacement affiché est la moyenne des capteurs 28, 30 et 32.

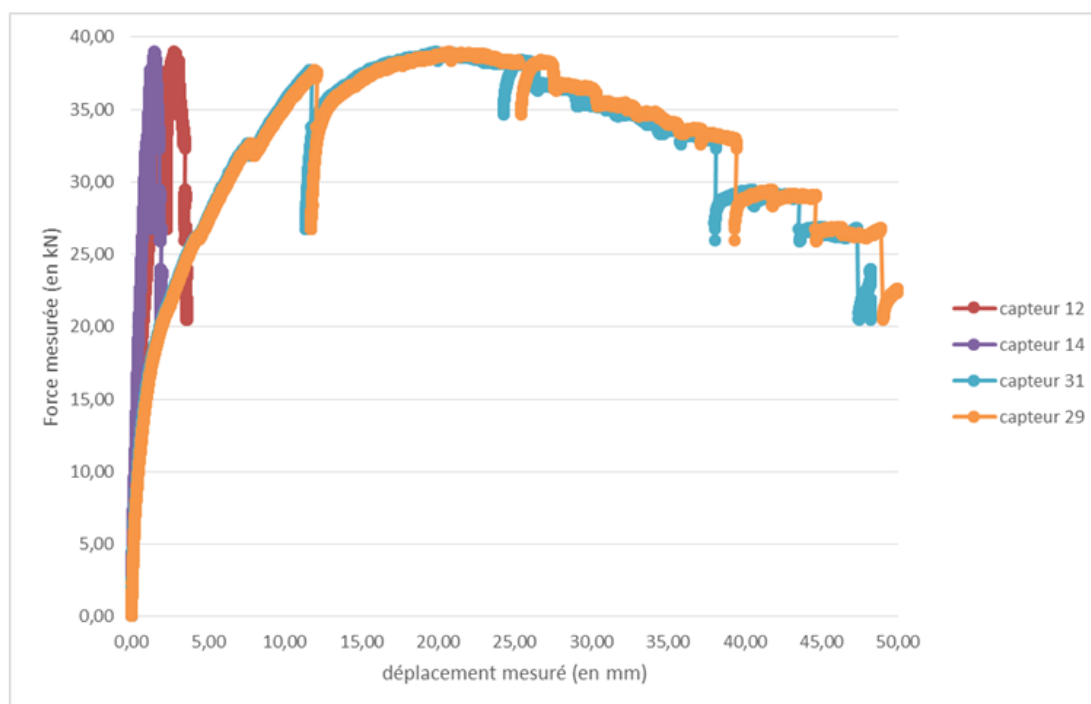


Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

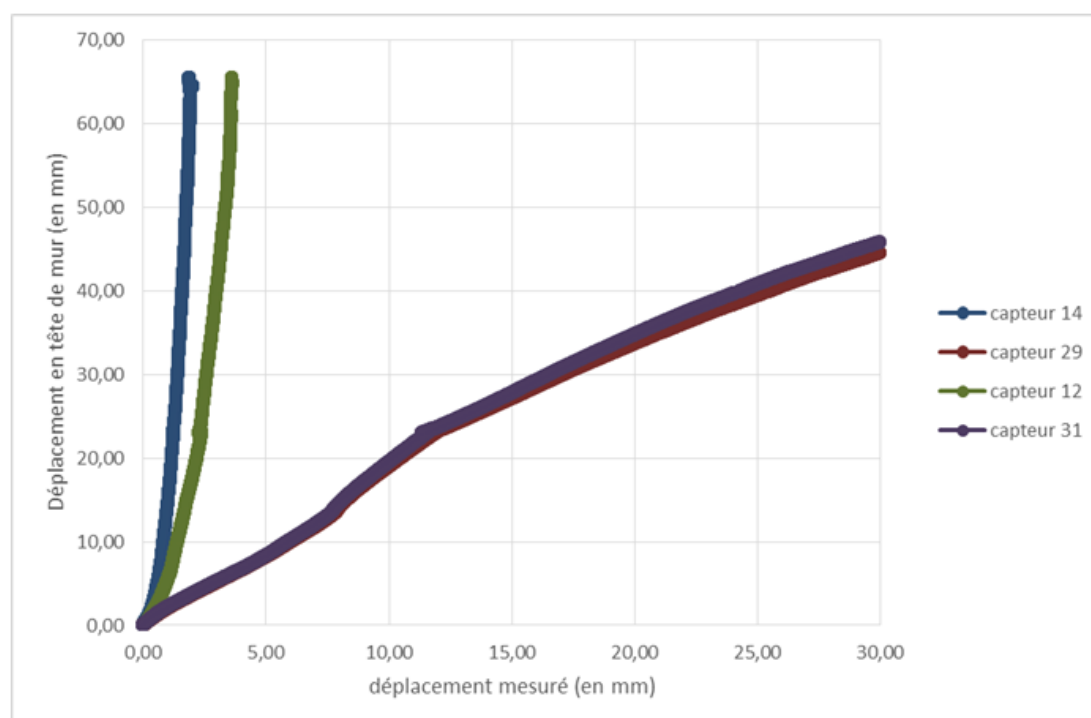
Graphique 2 : déplacements verticaux mesurés en partie basse du mur en fonction de la force

Les capteurs 29 et 31 mesurent les mouvements entre lisse horizontale et montant vertical côté vérin.

Les capteurs 12 et 14 mesurent les mouvements entre lisse horizontale et montant vertical côté opposé au vérin.

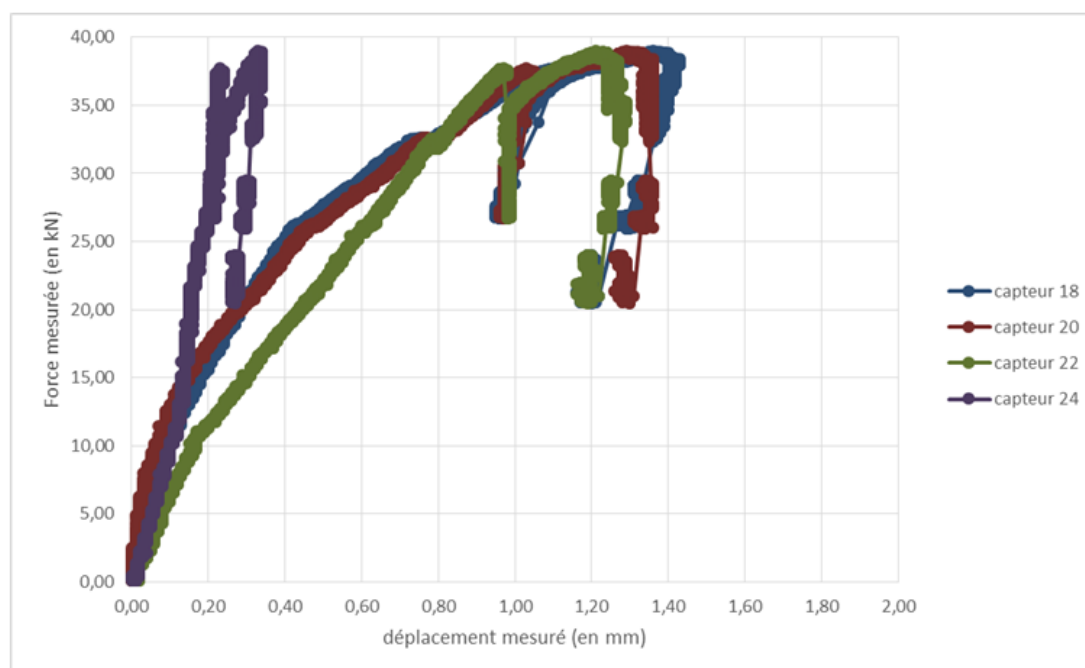


Graphique 3 : déplacements verticaux mesurés en partie basse du mur en fonction du déplacement horizontal moyen en tête de mur



Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Graphique 4 : déplacement horizontaux relatifs entre lisses hautes et montants, en fonction de la force

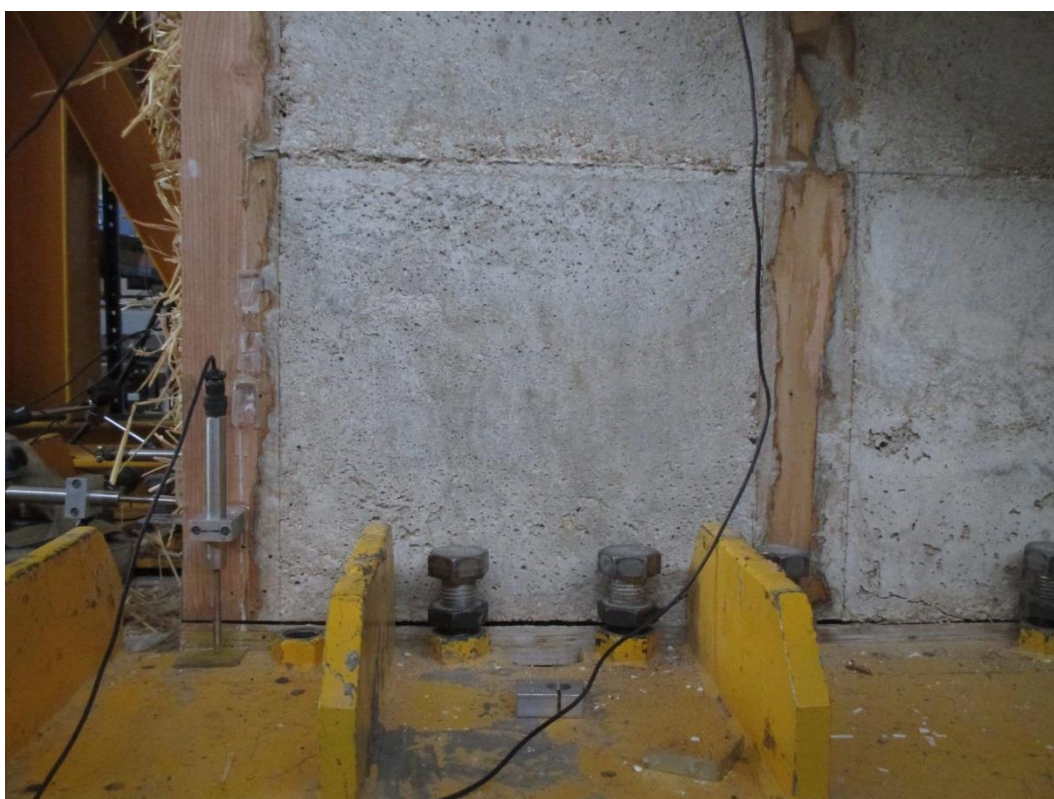
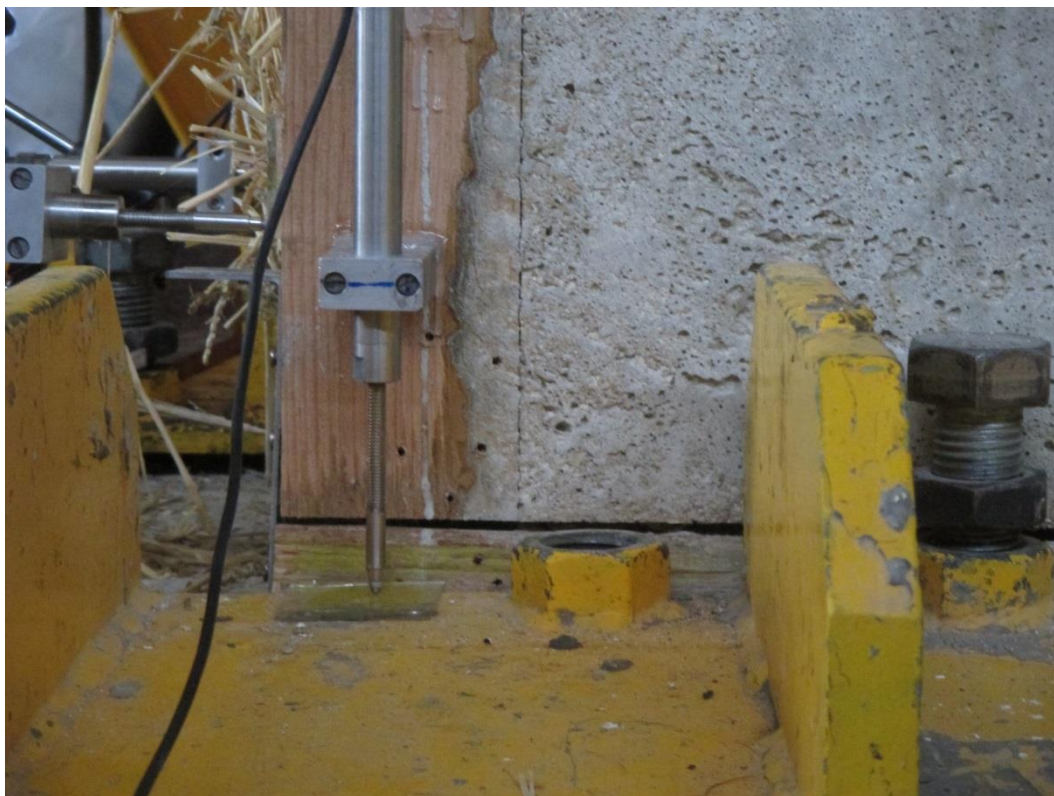


Photographie 12 : vue du mur dans le dispositif de chargement



Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Photographie 13 : vue de la fissuration en pied du mur, face avant, du côté du vérin, pour $F_{max}=38kN$



Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Photographie 14 : vue du grand renversement du mur (rotation du mur par rapport à la semelle)



Rapport d'essais n° MRF 16 26061323

Photographie 15 : vue de l'arrachement entre montant vertical et lisse basse



Photographie 16 : vue générale du mur après l'essai



Fin du rapport d'essais