

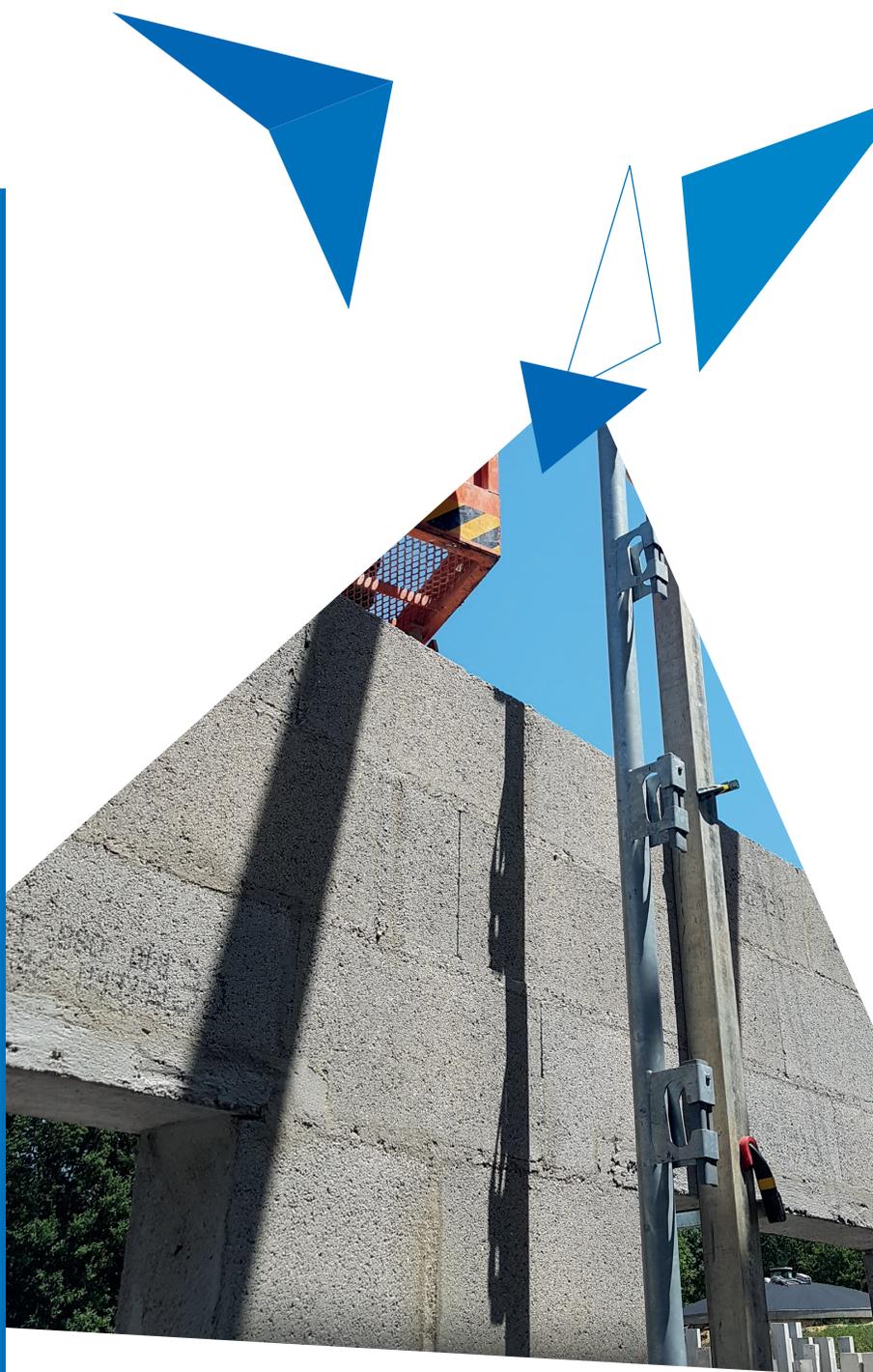
517.E - JANVIER 2021

ÉTUDES ET RECHERCHES

CONDITIONS D'EMPLOI DES
PROTECTIONS GRIMPANTES SUR
MAÇONNERIES EN BLOCS EN
BÉTON

ROMUALD KIRSTETTER - MATTHIEU SCALLIET

CERIB
Expertise concrète



Conditions d'emploi des protections grimpeuses sur maçonneries en blocs en béton

517.E

Avant-propos

Ce rapport est articulé en deux parties :

- la première partie est destinée au lecteur qui souhaite apprécier très rapidement si l'étude évoquée le concerne, et donc si les méthodes proposées ou si les résultats indiqués sont directement utilisables pour son entreprise ;
- la deuxième partie de ce document est plus technique ; on y trouvera donc tout ce qui intéresse directement les techniciens de notre industrie.

© 2021 CERIB – CS 10010 – 28233 Eperon Cedex

ISSN 0249-6224 – EAN 9782857553243

517.E – janvier 2021

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction
par tous procédés réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de son article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon exposant son auteur à des poursuites en dommages et intérêts ainsi qu'aux sanctions pénales prévues à l'article L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

Sommaire

1. Conditions de mise en œuvre des protections grimpantes sur maçonneries en blocs en béton	5
1.1. Contexte	5
1.2. Conditions d'emploi des protections grimpantes sur maçonneries en blocs en béton	5
1.3. Protocole d'essai à échelle réduite pour l'évaluation de la sécurité à l'emploi des blocs en béton de granulats légers pour la fixation des protections grimpantes	7
2. Détermination des efforts à appliquer dans un essai à échelle réduite	13
2.1. Schéma statique et hypothèses de travail	13
2.2. Evaluation des efforts à la liaison avec le mur	14
2.3. Evaluation à l'échelle réduite	15
Bibliographie	17
Index des figures	18

1. Conditions de mise en œuvre des protections grimpantes sur maçonneries en blocs en béton

1.1. Contexte

Les protections grimpantes ou plaquées sont largement utilisées en phase provisoire de construction des murs en maçonnerie. Elles ont pour but de protéger les opérateurs contre le risque de chute de hauteur.

Il existe des protections grimpantes qui se fixent sur la dalle en béton et d'autres dans la maçonnerie. Ces dernières s'ancrent dans la maçonnerie en cours de montage, ce qui nécessite de traiter la problématique de la compatibilité à jeune âge entre le support en blocs en béton et le dispositif de protection.

Bien qu'aucune sinistralité ne soit remontée auprès des industriels sur l'emploi de ces protections sur des maçonneries en blocs en béton, l'Industrie du Béton a jugé utile de disposer d'un essai à échelle réduite permettant d'évaluer la sécurité d'emploi de blocs en béton de granulats légers sans recourir à un essai en grandeur réelle.

Ce rapport présente :

- Les « Conditions d'emploi des protections grimpantes sur maçonneries en blocs en béton » applicables aux blocs en béton de granulats courants ou légers ;
- Le « Protocole d'essai à échelle réduite pour l'évaluation de la sécurité à l'emploi des blocs en béton de granulats légers pour la fixation des protections grimpantes ».

1.2. Conditions d'emploi des protections grimpantes sur maçonneries en blocs en béton

Les conditions d'emploi des protections grimpantes en phase de construction de maçonneries en blocs en béton à respecter sont :

- Généralités sur la sécurité des travailleurs :
 - La bonne exécution du support en maçonnerie est indispensable à la bonne tenue des protections grimpantes. Il est exigé que la maçonnerie soit réalisée selon les règles de l'art ;
 - La vigilance permanente des utilisateurs des protections grimpantes est nécessaire ;
 - Assurer la formation des utilisateurs : des formations sur l'utilisation de ce type de protection sont proposées par des fabricants ou des instituts de formation.
- Choix des protections fixées dans les blocs :
 - Bien choisir les protections grimpantes : celles-ci doivent disposer d'un PV d'essai selon la norme NF EN 13374 [1] ou une norme équivalente ;
 - Les protections étant un système complet, penser à bien utiliser chaque composant ;
 - Ne pas utiliser des composants issus de systèmes différents ;
 - Respecter l'espacement maximal donné par le fabricant entre les perches ;
 - Certains fabricants proposent des services d'accompagnement sous forme de plans de calepinage, permettant de définir exactement la disposition des protections plaquées. Le recours à cette solution est possible selon les cas.

- Préconisation de fixation dans les blocs :
 - Le système d’ancrage est nécessairement constitué d’une tige traversant la maçonnerie et de platines d’ancrage avec écrou papillon ;
 - Le point de butée constitue avec l’ancrage une jambe de force assurant l’équilibre, et doit obligatoirement être en contact avec le support (situation interdite à la Figure 1 ci-dessous) ;
 - La distance minimale séparant l’ancrage de la protection d’une baie (de type fenêtre, porte...etc.) est de 30 cm ;
 - Le perçage de la maçonnerie en blocs en béton de granulats légers doit être fait sans percussion ;
 - Le perçage ne doit pas être réalisé sur un joint. Dans la mesure du possible, préférer le perçage en plein milieu du bloc entier ;
 - Le délai minimum pour percer la maçonnerie est de 24 heures après le montage de la maçonnerie ;
 - Ne pas percer dans le dernier rang posé ;
 - Pour les blocs en béton de granulats légers, il convient de répartir la charge appliquée sur trois blocs si la résistance intrinsèque du bloc au poinçonnement n’est pas suffisante ;
 - Les dimensions minimales des platines sont de 12 cm x 12 cm, disposées de part et d’autre de la maçonnerie ;
 - Favoriser un dispositif de répartition de la charge sur au moins 3 blocs ;
 - Encoller les joints verticaux pour les trumeaux (prescription du DTU 20.1 article 5.2.3.2) ;
 - Penser à reboucher les trous réalisés après l’enlèvement des protections.



Figure 1 - Situation interdite

1.3. Protocole d'essai à échelle réduite pour l'évaluation de la sécurité à l'emploi des blocs en béton de granulats légers pour la fixation des protections grimpantes

Le protocole d'essai à échelle réduite pour l'évaluation de la sécurité à l'emploi des blocs en béton de granulats légers pour la fixation des protections grimpantes comprend trois vérifications :

1. **Vérification de la résistance moyenne à la flexion f_{wm1} (plan de rupture parallèle aux lits de pose) selon la méthode d'essai de la norme NF EN 1052-5 [4] et mesurée à 24h supérieure ou égale à 0,10 MPa ;**
2. **Vérification de la résistance initiale moyenne au cisaillement selon la méthode d'essai de la norme NF EN 1052-3 [3] et mesurée à 24h supérieure ou égale à 0,25 MPa ;**
3. **Vérification de la résistance moyenne au poinçonnement selon le protocole ci-après permettant d'attester d'une résistance au poinçonnement, basée sur les efforts de résistance requis pour les essais des protections grimpantes, de 5,4 kN.**

Le choix de recourir à un essai individuel ou à un essai avec répartition de la charge sur 3 blocs dépend de la résistance intrinsèque du bloc (essai individuel) qui peut être trop faible (< 5,4 kN) nécessitant alors une validation avec un système de répartition. Le mode d'application de la charge pour l'essai de poinçonnement (sur un bloc ou sur 3 blocs) devra ensuite être respecté sur chantier.

Essai individuel

L'essai consiste à appliquer une charge sur un bloc individuel selon ce dispositif :



Figure 2 – Dispositif d'essai pour l'essai de poinçonnement

Le bloc est percé soit en son centre, soit en ayant pris soin d'éviter de percer une paroi transversale dans toute la largeur du bloc.

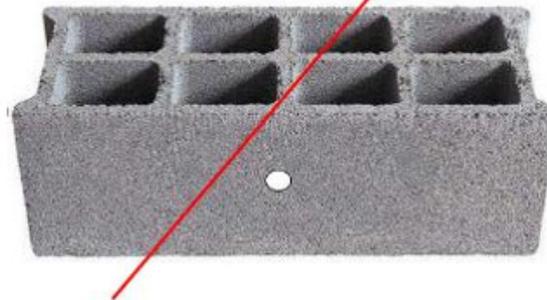
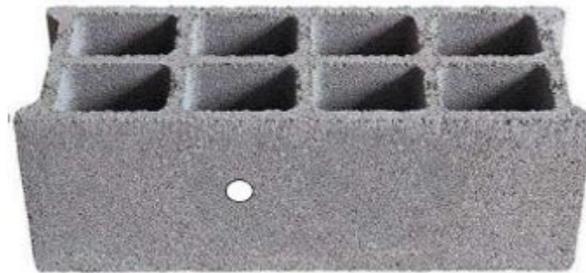


Figure 3 – Perçage du blocs à tester

Diamètre de perçage : 21 mm ;

Perçage sans percussion pour les blocs en béton de granulats légers ;

Perçage avec percussion possible pour les blocs en béton de granulats courants.

Sous le bloc, la platine carrée percée en son centre est maintenue au moyen d'un écrou papillon.

La charge est appliquée progressivement au moyen d'un vérin et la montée en charge est enregistrée jusqu'à la rupture, au moyen du capteur de force couplé au logiciel d'acquisition.

Le résultat est exprimé comme étant la moyenne arithmétique de 5 mesures effectuées, arrondie à 10^{-2} kN.

Essai avec répartition de la charge sur 3 blocs disposés côte à côte

Echantillon à tester :

L'essai consiste à réaliser 5 montages de 3 blocs disposés côte à côte.

Montage du dispositif expérimental :

Disposer 3 blocs côte à côte (sans joint), le bloc central ayant été percé préalablement (perçage précisé précédemment) ;

Mettre en place un dispositif sous les blocs permettant de répartir la charge sur les 3 blocs disposés côte à côte comprenant, de bas en haut :

- a) Ecrou papillon ;
- b) Platine ;
- c) 2 chevrons en bois de section carrée 5 x 5 cm² et de longueur au moins équivalente à celle des 3 blocs disposés côte à côte, ou tout autre système permettant de répartir la charge. En tout état de cause, le dispositif de répartition utilisé pour l'essai devra être reproduit sur chantier ;
- d) 2 plaques de bois carrées de 30 cm de côté et de 2 cm d'épaisseur.

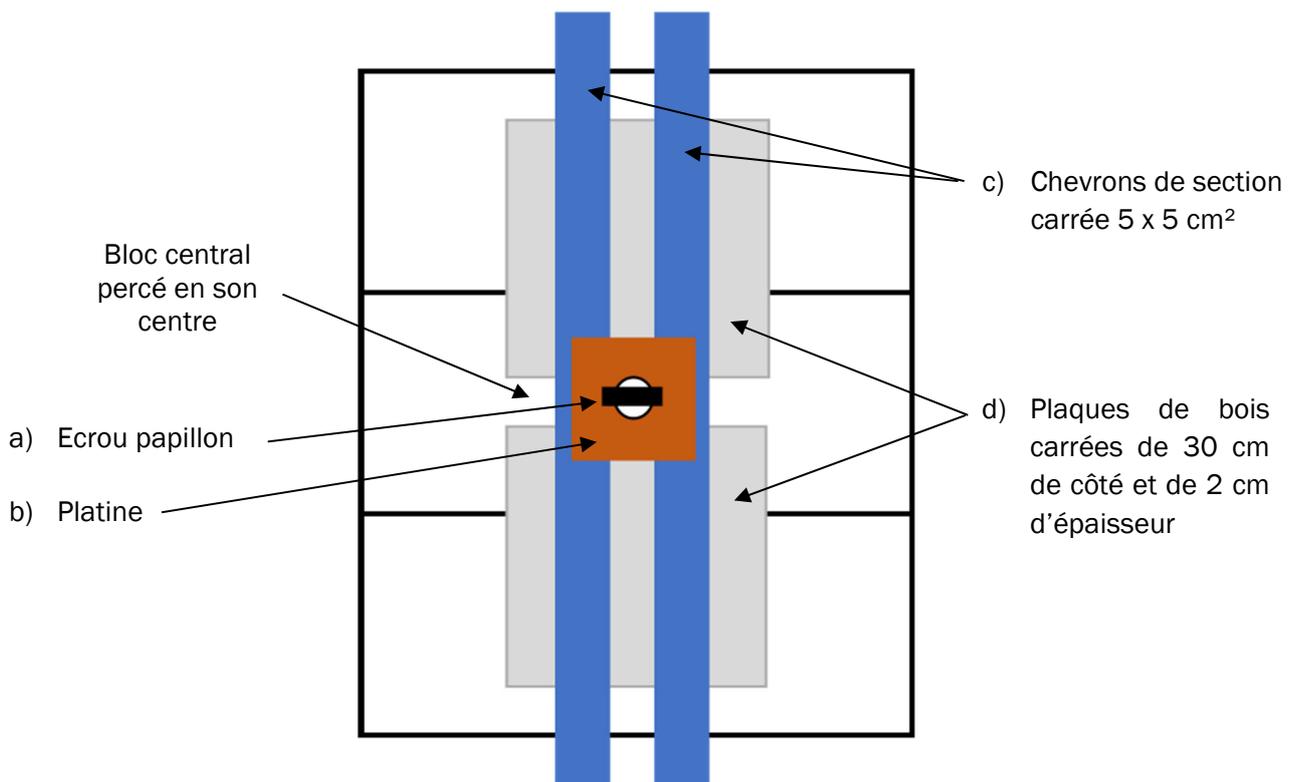
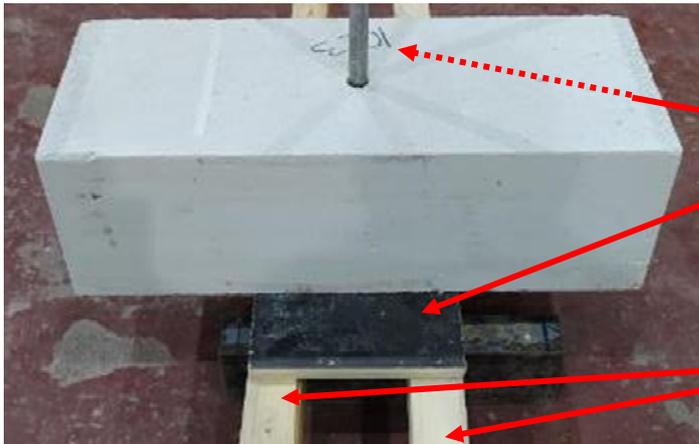


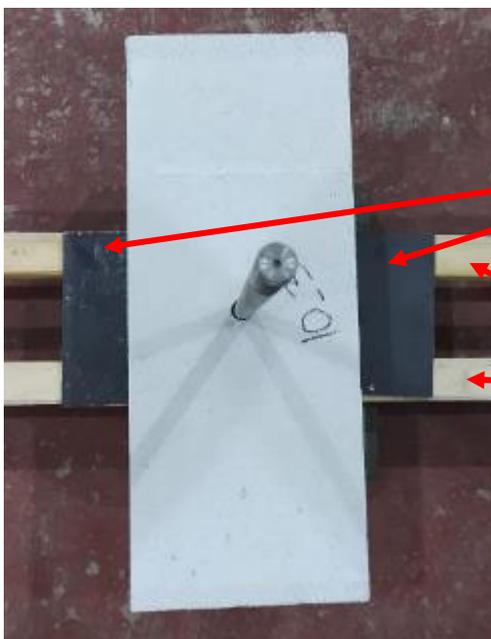
Figure 4 - Vue de dessous du dispositif permettant de répartir la contrainte sur 3 blocs



Plaques de bois carrées de 30 cm de côté et de 2 cm d'épaisseur

Chevrons de section carrée 5 x 5 cm²

Figure 5 - Vue de face du dispositif de répartition de la contrainte



Plaques de bois carrées de 30 cm de côté et de 2 cm d'épaisseur

Chevrons de section carrée 5 x 5 cm²

Figure 6 - Vue de dessus du dispositif de répartition de la contrainte

Application de la charge :

Positionner le dispositif d'application de la charge sur deux chevrons de section carrée 5 x 5 cm² disposés de part et d'autre de la tige du dispositif d'ancrage traversant le bloc.

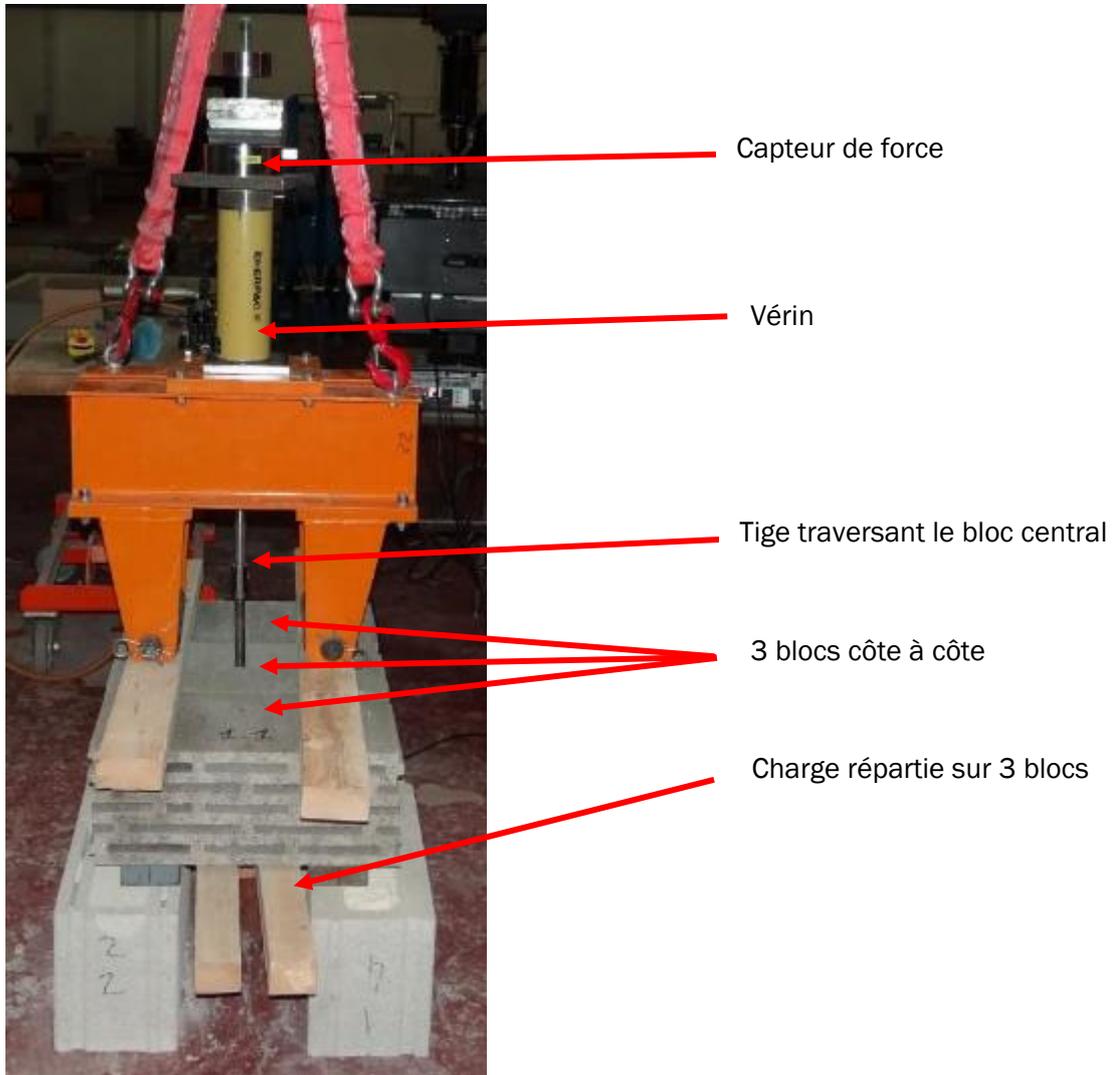


Figure 7 - Dispositif d'essai de poinçonnement avec répartition de la charge sur 3 blocs disposés côte à côte

Appliquer une charge progressive au moyen d'un vérin et enregistrer la montée en charge jusqu'à la rupture, au moyen du capteur de force couplé au logiciel d'acquisition ;

L'essai est réalisé sur 5 montages de 3 blocs disposés côte à côte.

Expression des résultats :

Le résultat est exprimé comme étant la moyenne arithmétique des 5 mesures effectuées, arrondie à 10⁻² kN.

2. Détermination des efforts à appliquer dans un essai à échelle réduite

2.1. Schéma statique et hypothèses de travail

Soit la configuration ci-après :

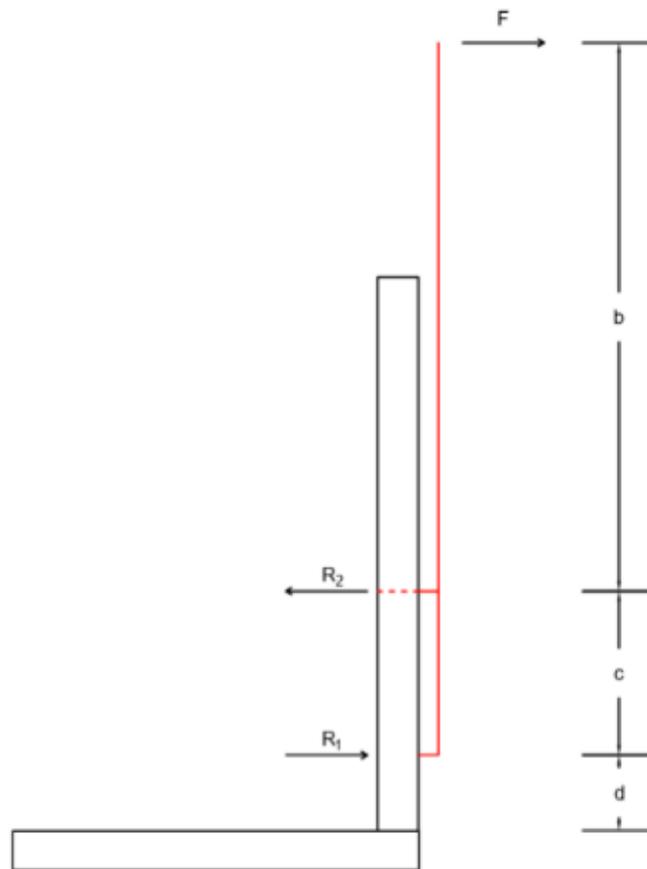


Figure 8 - Schéma statique étudié

Afin de quantifier l'effort à reprendre par la maçonnerie en blocs en béton lors d'un essai à échelle réduite, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Le fonctionnement en plaque du mur en maçonnerie est négligé. On suppose qu'il n'y a pas de mur de refend suffisamment proche de la perche installée sur le mur ;
- La perche verticale de la protection grimpante est liée au mur avec un seul point d'ancrage (liaison pivot). L'équilibre est réalisé avec la jambe de force constituée par l'ancrage et le point de butée ;
- La perche est considérée comme indéformable ;
- Le mur est en condition d'appui encastré en bas ;
- Les joints verticaux ne sont pas remplis.

2.2. Evaluation des efforts à la liaison avec le mur

En utilisant les paramètres de la Figure 8, les sollicitations sur le mur en maçonnerie selon les hypothèses du paragraphe 2.1 sont :

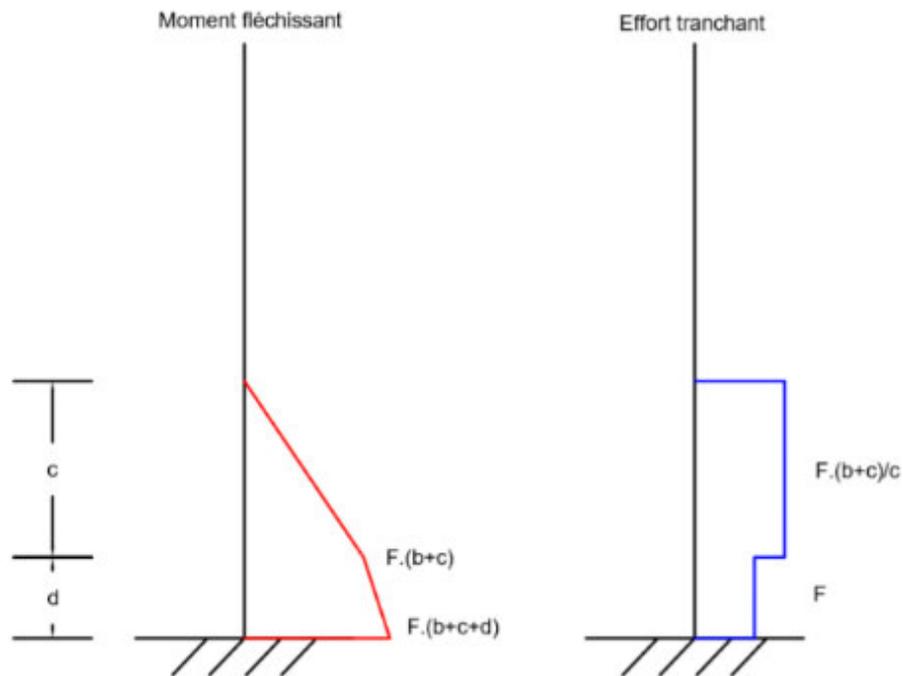


Figure 9 - Sollicitations sur le mur

L'application numérique permet d'avoir un ordre de grandeur du moment de flexion M et de l'effort tranchant V . Pour cela on considère les valeurs suivantes :

- $F = 1,25 \text{ kN}$;
- $b = 2,725 \text{ m}$;
- $c = 0,815 \text{ m}$;
- $d = 0,375 \text{ m}$.

Ces valeurs correspondent à une hauteur d'étage de $2,75 \text{ m}$ et à une perche qui dépasse le dessus du mur de $1,1 \text{ m}$. L'effort correspond à la charge accidentelle donnée par la norme NF P93-355 [2].

Pour la flexion des joints horizontaux et pour une longueur de mur de 1 m (valeur arbitraire en négligeant l'effet plaque), on trouve un moment maximal $M = 4,89 \text{ kN.m}$ et une contrainte de traction maximale dans le joint $\sigma_t = 0,73 \text{ MPa}$. Cette valeur à jeune âge est élevée par rapport à la valeur tabulée donnée par l'Eurocode 6 ($f_{xk1} = 0,2 \text{ MPa}$ pour des joints minces à 28 jours) mais il ne faut pas oublier que l'on néglige l'effet favorable du poids propre du mur ainsi que l'effet plaque qui est nécessairement présent grâce au montage à joints verticaux décalés des blocs.

Pour le cisaillement des joints et pour une longueur de mur de 1 m , on obtient un effort tranchant maximal $V = 5,43 \text{ kN}$ et une contrainte de cisaillement à jeune âge $\tau = 0,027 \text{ MPa}$, inférieure à la valeur tabulée donnée par l'Eurocode 6 ($f_{vk0} = 0,3 \text{ MPa}$ pour des joints minces à 28 jours).

Prenant en compte que ce schéma statique (mur libre en haut) est approximatif et correspond à la situation défavorable avant le coulage du plancher haut, on constate néanmoins que la résistance au cisaillement ne devrait pas être dimensionnante, ce qu'il convient de vérifier ensuite par une approche expérimentale.

2.3. Evaluation à l'échelle réduite

Les hypothèses de calcul retenues pour l'évaluation de l'effort de poinçonnement à reprendre lors de l'essai à échelle réduite sont présentées Figure 10.

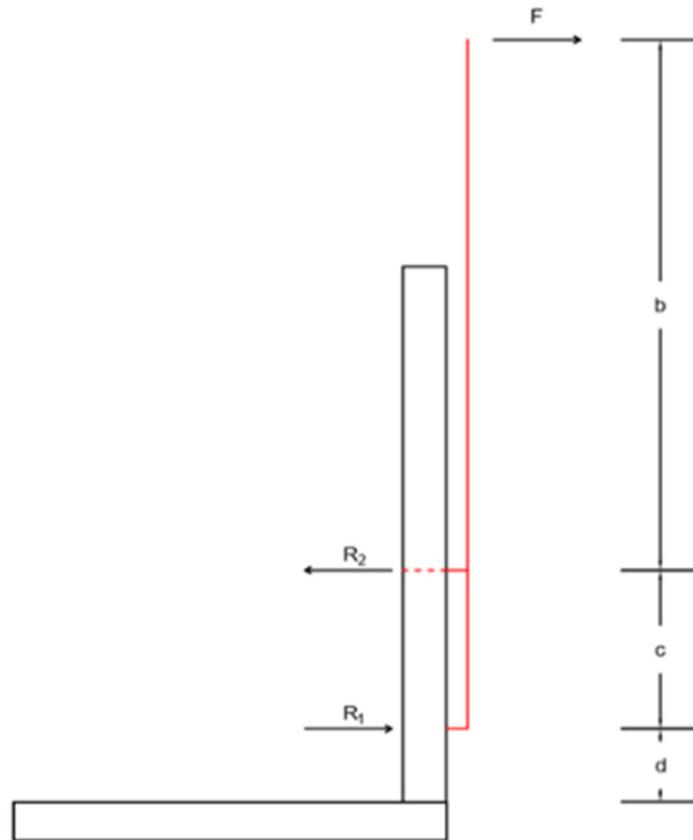


Figure 10 – Hypothèses retenues pour l'évaluation de l'effort de poinçonnement à reprendre

On a :

$$R_2 = - \frac{F(b+c)}{c}$$

Avec :

$$b = 2,725 \text{ m}$$

$$c = 0,815 \text{ m}$$

$$d = 0,375 \text{ m}$$

Soit $R_2 = 5,4 \text{ kN}$

Afin de reproduire l'effort appliqué dans le bloc dans lequel la protection grimpeante est ancrée, le dispositif expérimental (voir Figure 11) permet l'application d'une force de traction à l'aide d'un vérin qui tire sur une tige traversant le bloc dans sa largeur, celle-ci étant maintenue à l'aide de la platine.

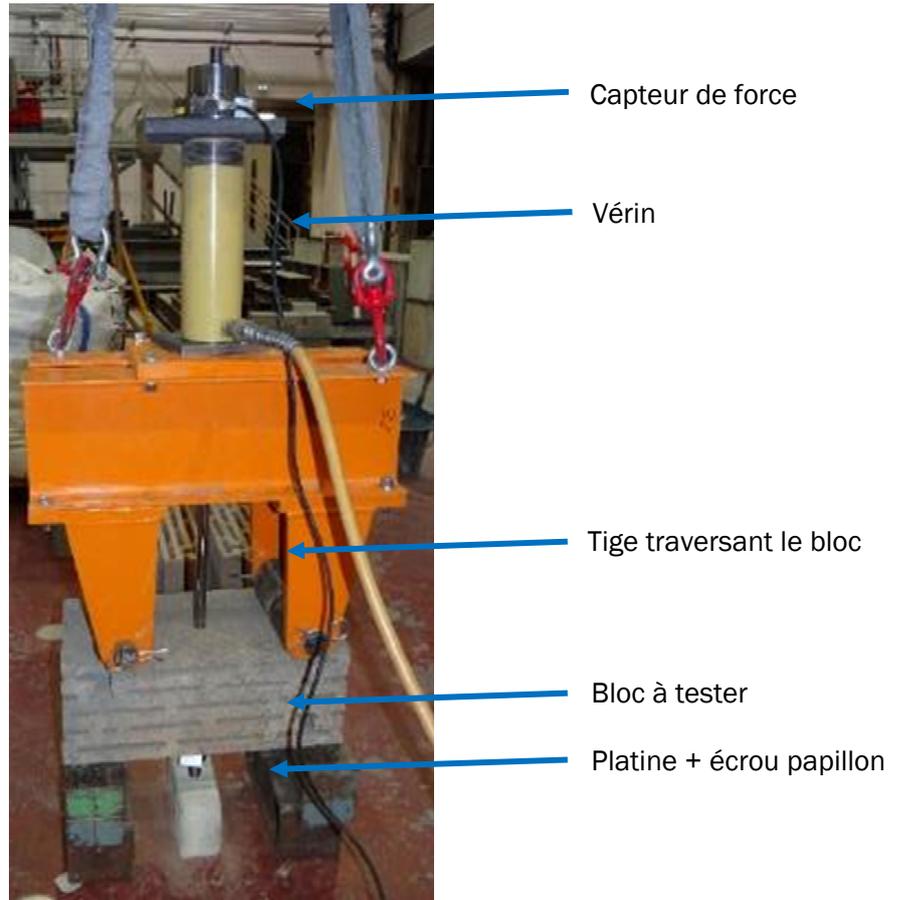


Figure 11 - Dispositif d'essai de poinçonnement

Bibliographie

- [1] NF EN 13374
Garde-corps périphériques temporaires – Spécification du produit – Méthodes d'essai
Juillet 2013

- [2] NF P93-355
Équipements de chantier - Protection périphérique temporaire pour travaux d'étanchéité
en toiture - Spécification du produit, méthode d'essai
Octobre 2010

- [3] NF EN 1052-3
Méthodes d'essai de la maçonnerie - Partie 3 : détermination de la résistance initiale au
cisaillement
Avril 2003

- [4] NF EN 1052-5
Méthodes d'essai de la maçonnerie - Partie 5 : détermination de la résistance à la
rupture d'un joint de muret selon la méthode du moment de flexion en tête du muret
Décembre 2005

Index des figures

Figure 1 - Situation interdite	6
Figure 2 – Dispositif d’essai pour l’essai de poinçonnement.....	8
Figure 3 – Perçage du blocs à tester.....	9
Figure 4 - Vue de dessous du dispositif permettant de répartir la contrainte sur 3 blocs.....	10
Figure 5 - Vue de face du dispositif de répartition de la contrainte	11
Figure 6 - Vue de dessus du dispositif de répartition de la contrainte.....	11
Figure 7 - Dispositif d’essai de poinçonnement avec répartition de la charge sur 3 blocs disposés côte à côte.....	12
Figure 8 - Schéma statique étudié.....	13
Figure 9 - Sollicitations sur le mur	14
Figure 10 – Hypothèses retenues pour l’évaluation de l’effort de poinçonnement à reprendre	15
Figure 11 – Dispositif d’essai de poinçonnement.....	16

RAPPORT

ÉTUDES ET RECHERCHES

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

ROMUALD KIRSTETTER
MATTHIEU SCALLIET



/ Cerib - CS 10010
28233 Épernon cedex

/ 02 37 18 48 00
cerib@cerib.com

CONDITIONS D'EMPLOI DES PROTECTIONS GRIMPANTES SUR MAÇONNERIES EN BLOCS EN BÉTON

Cette étude a permis d'établir les conditions d'emploi des protections grimpanes fixées sur les maçonneries en blocs en béton en phase de construction et de définir un protocole d'essai à échelle réduite pour l'évaluation de la sécurité à l'emploi des blocs en béton de granulats légers pour la fixation des protections grimpanes qui comprend :

- Une vérification de la résistance moyenne à la flexion f_{wm1} (plan de rupture parallèle aux lits de pose) selon la méthode d'essai de la norme NF EN 1052-5 et mesurée à 24h supérieure ou égale à 0,10 MPa ;
- Une vérification de la résistance initiale moyenne au cisaillement selon la méthode d'essai de la norme NF EN 1052-3 et mesurée à 24h supérieure ou égale à 0,25 MPa ;
- Une vérification de la résistance moyenne au poinçonnement selon le protocole ci-inclus permettant d'attester d'une résistance au poinçonnement, basée sur les efforts de résistance requis pour les essais des protections grimpanes, de 5,4 kN.