



JOURNEES NATIONALES
MACONNERIE

5ème édition – Bordeaux

12 et 13 Juin 2025



CODIFAB

Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois

FÉDÉRATION FRANÇAISE
**TUILES &
BRIQUES**

Woodstone

Murs doubles en briques apparentes sur construction à ossature en bois

Bertel, L., Fiabane, M., Durif, S., Le, B.T.T.H., Catterou, T., Jaafari, C., Henzsel, F., Hammoudi, I.



INSTITUT TECHNOLOGIQUE



Enjeux du projet



Objectif

- Apporter des éléments permettant de fiabiliser la technique de mur double maçonné sur COB

Résoudre le blocage normatif (DTU 20.1 et NF DTU 31.2)

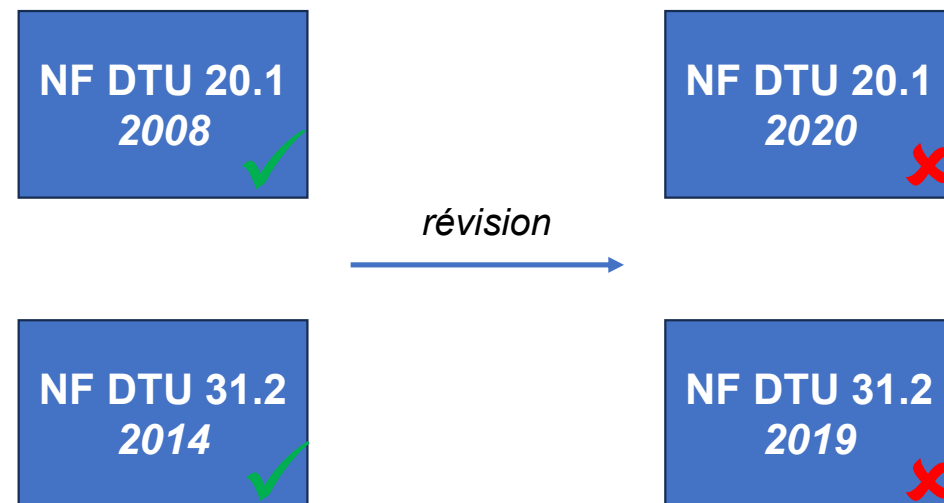
→ Permettre la réintégration de ce système de murs doubles sur COB en technique courante.

Problématiques

- Justification de l'ancrage des systèmes de liaison
- Déformations différentielles entre la maçonnerie et le bois
- Etanchéité de l'ouvrage

Domaine d'emploi

- $\leq R+2$, hauteur maximale 10m
- Sismique et feu exclu de l'étude



Déroulé du projet



1. Définition et conception de solutions standards et des essais associées
Etat de l'art, points de blocage, solution standard, feu, sismique...
2. Réalisation des essais à l'échelle de la liaison et analyse des résultats
Validation des choix de matériaux, alimentation du modèle de calcul...
3. Modélisation numérique des connecteurs
Calcul, analyse paramétrique
4. Réalisation des essais de taille réelle et analyse des résultats
5. Rédaction du rapport global et d'un guide de conception

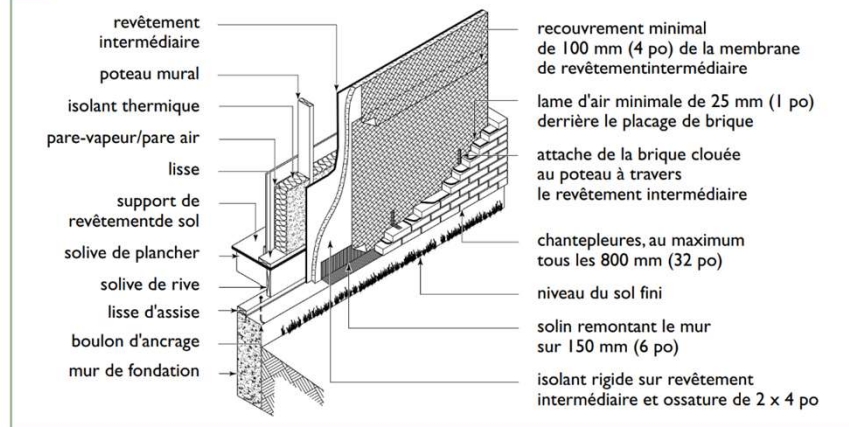
1 - Définition et conception de solutions : Etat de l'art



En 2008, les murs doubles en brique ou pierre naturelle ont été supprimé du DTU 20.1 et du DTU 31.2 notamment pour :

- Manque de détails sur les attaches compatibles
- Déformation différentielle
- Etanchéité / feu

113 Appui du placage de brique sur un mur de fondation



Extrait guide de conception Canada

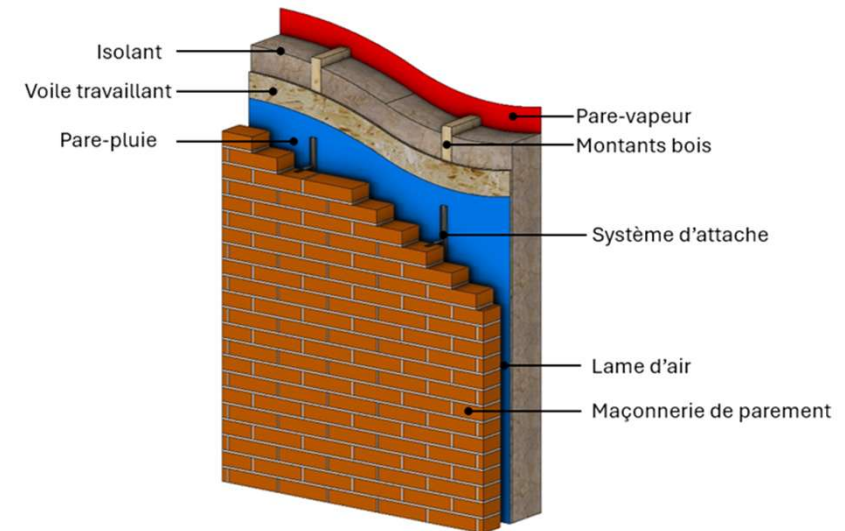
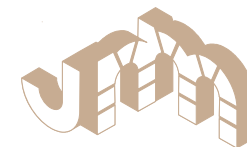


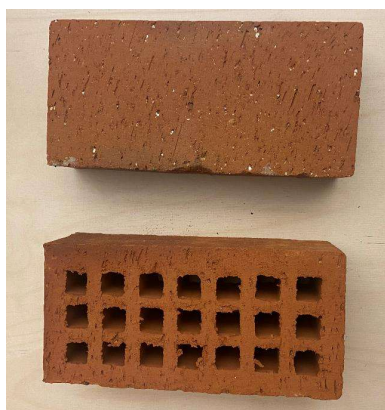
Schéma de principe d'un mur-double maçonné sur ossature bois

Solutions « classiques » au Canada, aux Etats-Unis, en Belgique etc... (technique traditionnelle au Canada).

1 - Définition et conception de solutions – Choix des composants pour l'étude



Deux types de briques



Pleine avec mortier en joint semi-épais (5 à 6 mm)

Perforée avec mortier en joint épais (10 mm)

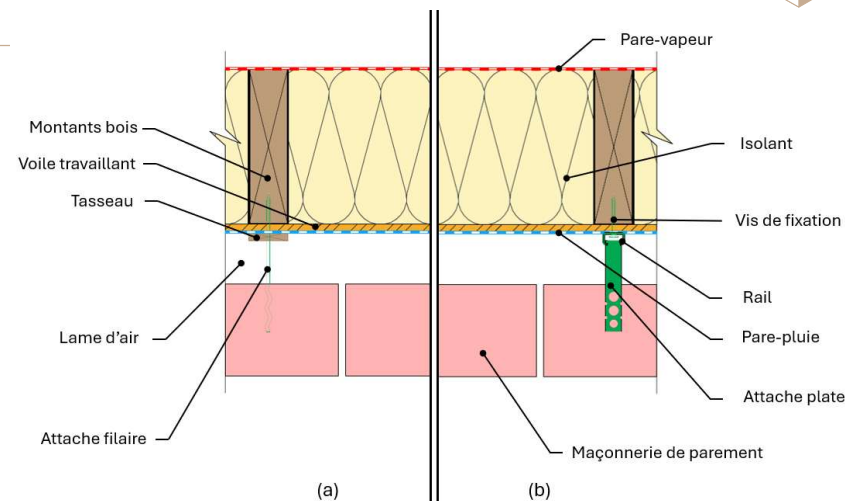
- ✓ Mur ossature bois conforme à la NF DTU 31.2
- ✓ Ouvrages en maçonnerie de petits éléments conformes à la NF DTU 20.1

Deux types d'attaches

- ✓ Briques de **type U**, destinées à être utilisées pour les maçonneries **non protégées**
- ✓ **Résistance aux cycles de gel/dégel** : catégorie d'exposition **F2 (exposition sévère)**

Deux mortiers de montage :

- ✓ Catégories M 10 minimum
- ✓ Adhérence suffisante aux éléments de maçonnerie : $f_{vk0} \geq 0,15 \text{ MPa}$



Solution attache filaire + tasseaux (a) et attache plate + rail + vis (b)

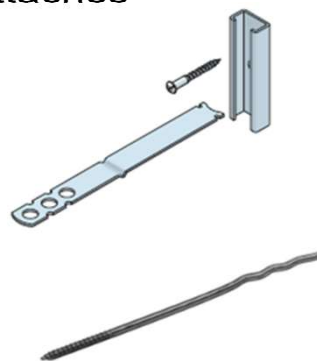


Plate :

- Glissée dans un rail fixé aux montants OB
- Partie trouée prise dans le joint de mortier

Filaire :

- Vissée dans montant d'ossature
- Partie ondulée prise dans le joint de mortier

- ✓ Prise en compte des mouvements entre la maçonnerie et l'ossature bois liés aux déformations différentielles.

2 – Réalisation des essais à l'échelle de la liaison



Configurations testées

Configuration	Type de brique	Type de montage	Type d'attache
1	Perforée	Épais (10mm)	Filaire
2	Perforée	Épais (10mm)	Plate
3	Pleine	Semi-épais (5mm)	Plate
4	Pleine	Semi-épais (5mm)	Filaire

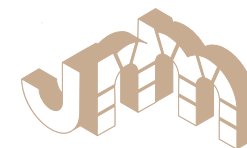


Eprouvettes pour l'essai de cisaillement

Essais	Objectif*	Méthode d'essai	Critère	Configurations à tester
Briques				
Résistance à la compression	Vérification de la conformité des résistances	NF EN 772-1+A1	≥ Rc déclarée	Perforée
				Pleine
Mortiers				
Caractérisation du mortier	Vérification de la conformité des résistances	NF EN 1015-11	Rc ≥ 10 MPa	Mortier joint épais
				Mortier joint semi-épais
Attaches				
Caractérisation des attaches	Etudier le détachement de l'attache plate avec le rail	Essai de traction sur presse avec extensomètre vidéo	-	Filaire
				Plate
Liaison Mortier/Brique				
Résistance au cisaillement	Evaluer la compatibilité entre des briques et des mortiers	NF EN 1052-3 + A1	Résistance caractéristique initiale au cisaillement ≥ 0,15 MPa	Brique pleine/joint semi-épais
				Brique perforée/joint épais
Ancrage des attaches				
Résistance à la traction	Valider le bon ancrage des attaches et calculer le nombre d'attaches	NF EN 846-5	Nombre nécessaire des attaches calculé pas trop important : environ 5/m²	Configuration 1
Résistance à la compression				Configuration 2
				Configuration 3
				Configuration 4

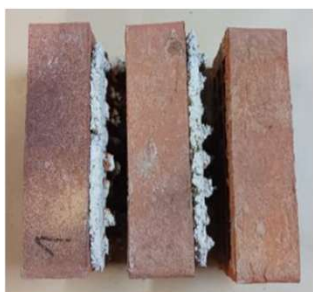
* Note : + Alimenter le jeu de données d'entrée concernant la liaison brique/mortier/attache du modèle numérique, qui peut servir à la réalisation d'études paramétriques.

2 - Réalisation des essais à l'échelle de la liaison



Caractérisation de la liaison brique/mortier : essais de cisaillement

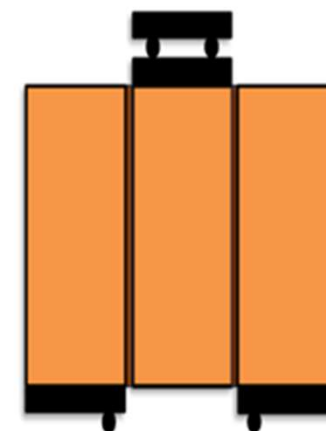
Faciès de rupture, briques perforées montées à joint épais (mortier A)



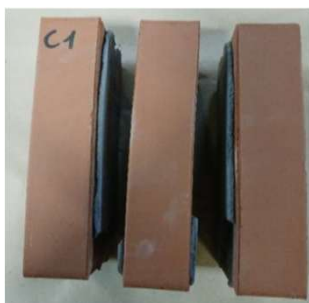
Synthèse des résultats des essais de cisaillement des briques perforées montées à joint épais (mortier A)

Essais	Moyenne (MPa)	Minimale (MPa)	Maximale (MPa)	Ecart-type (MPa)	Coefficient de variation (%)	Valeur caractéristique – méthode simple (MPa)
Résistance au cisaillement	0,20	0,14	0,31	0,05	22	Min [0,16; 0,14] = 0,14

→ L'utilisation de ce type de mortier A ne semble pas appropriée avec la brique en terre cuite visée.



Faciès de rupture, brique pleine montée à joint semi-épais (mortier B)



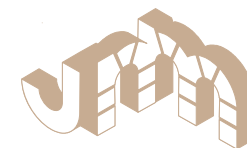
Synthèse des résultats des essais de cisaillement des briques pleines montées à joint semi-épais (mortier B)

Essais	Moyenne (MPa)	Minimale (MPa)	Maximale (MPa)	Ecart-type (MPa)	Coefficient de variation (%)	Valeur caractéristique – méthode simple (MPa)
Résistance au cisaillement	0,45	0,23	0,62	0,12	28	Min [0,36 ; 0,23] = 0,23

→ L'utilisation possible de ce type de mortier B avec la brique en terre cuite visée.

Schéma de montage des maquettes destinées aux essais de cisaillement

✓ 10 maquettes par configuration d'essai



2 - Réalisation des essais à l'échelle de la liaison

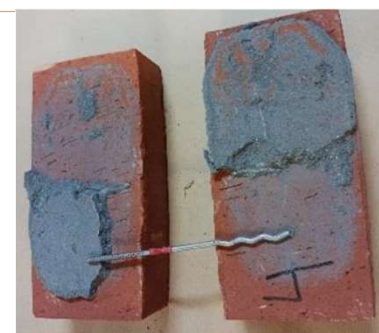
Caractérisation de l'ancrage des attaches : essais de traction et de compression sur attaches (10 maquettes par configuration d'essai)

Synthèse des résultats pour la configuration de l'attache filaire & brique pleine et mortier en joint semi-épais

Essais	Moyenne (N)	Ecart-type (N)	Coefficient de Variation (%)	Valeur minimale (N)	Valeur maximale (N)	Valeur caractéristique (N)
Résistance à la traction	5090	1573	31	1217	6588	2060
Résistance à la compression	3536	893	25	2342	5345	1839
Résistance admissible de l'attache (N)			1839			

Nombre minimal des attaches par unité de surface de la configuration d'attache filaire & brique pleine et mortier en joint semi-épais (mortier B)

	Pression / dépression de vent à l'Etat-Limite Ultime (N/m²)						
	1000	1260	1470	1680	1890	2100	2310
Nombre d'attaches min au m²	3	3	4	4	4	5	5



Essais de traction - Désolidarisation des maquettes avec l'attache filaire



Essais de compression - Flambage de l'attache des maquettes avec l'attache filaire



Essais de traction - Fissuration des maquettes avec l'attache plate



Essais de compression - Flambage de l'attache des maquettes

→ 5 attaches/m² pour une pression/dépression de vent

3 - Modélisation numérique



Définition de la géométrie, des lois matériaux, des lois cohésive d'interface

Modèle 3D, éléments volumiques

⇒ Contact cohésif : attache/mortier et mortier/brique

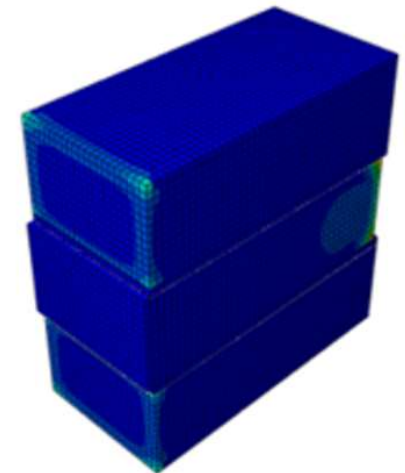
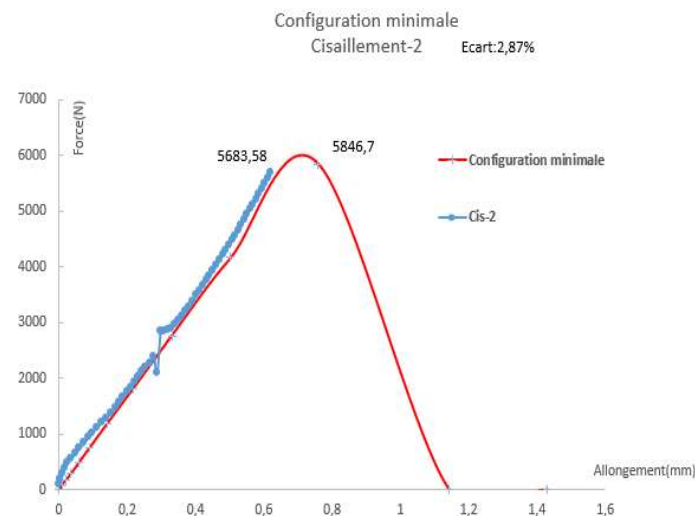
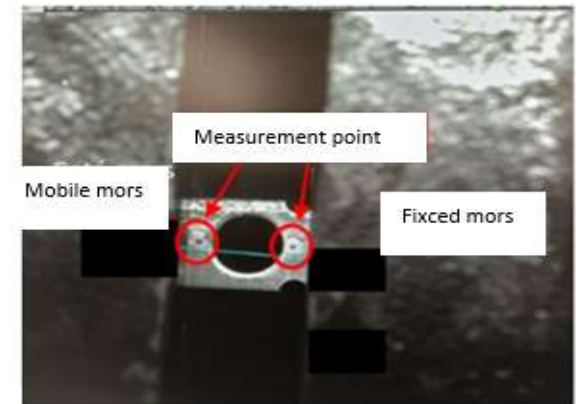
⇒ Contact frottant : attache/rail



Calibration des données matériau/cohésif sur la base d'essais individuels :

- Traction sur attache plate
- Flexion sur éprouvettes de mortier
- Cisaillement brique/mortier

Essai de cisaillement : Seul le modèle avec une configuration de cohésion faible brique-mortier est utilisé car la ruine se concentre autour de l'attache et non au niveau de la liaison brique-mortier selon une étude de sensibilité.

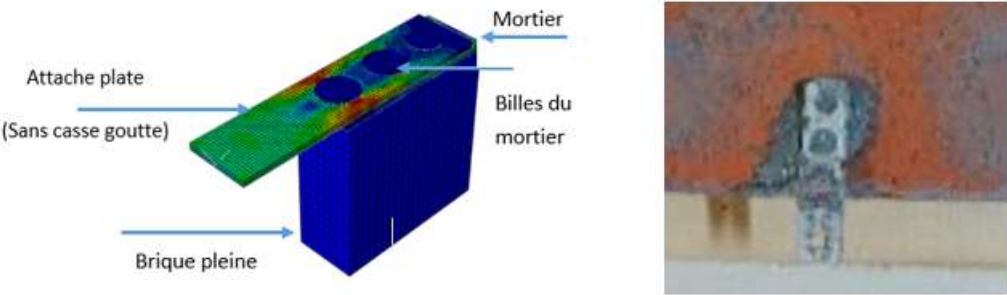


3 - Modélisation numérique



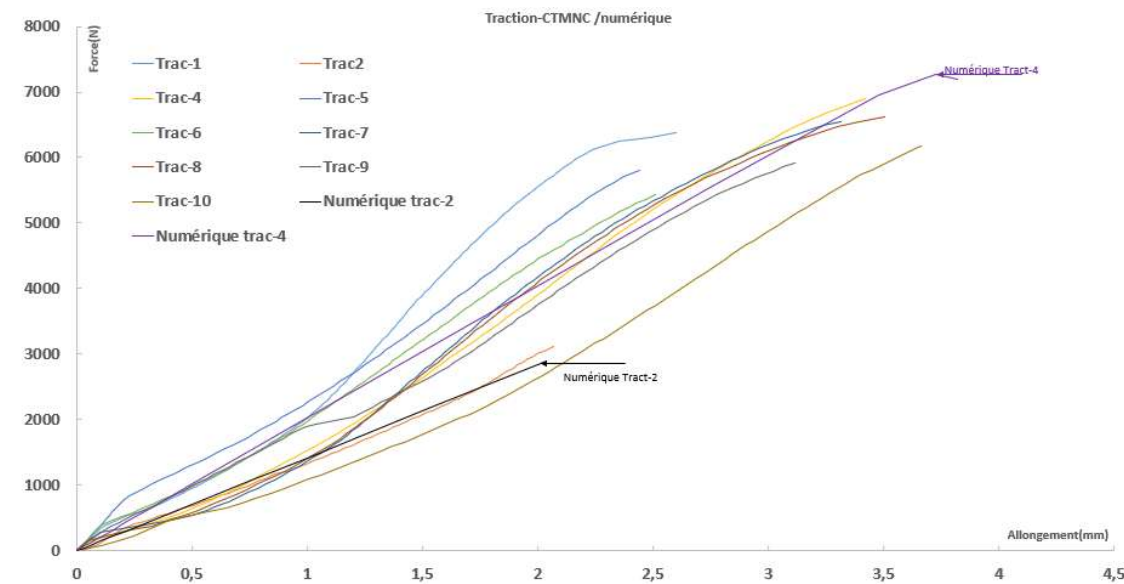
Modèle complet attache mortier brique

Attache plate en traction



Modèle : Brique pleine-mortier-attache plate

- ✓ Superposition des courbes numériques et des courbes expérimentales de l'essai de traction du modèle complet.



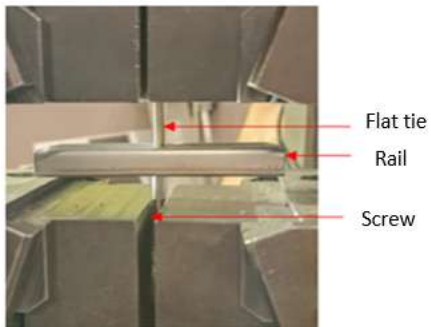
Comparaison du modèle avec l'ensemble des essais de traction en considérant les 2 configurations minimales et maximales

3 - Modélisation numérique

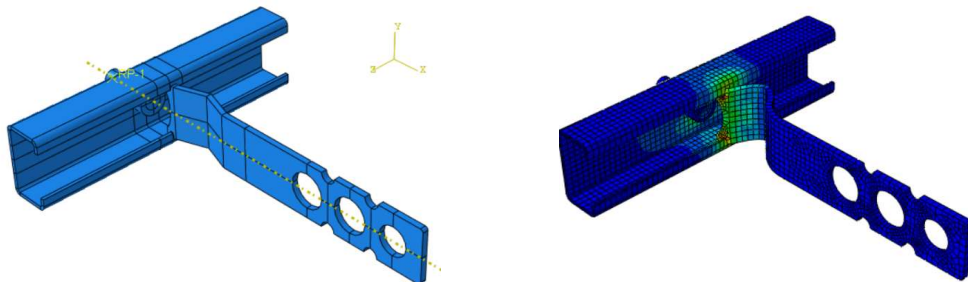


Etudes paramétriques/de sensibilité :

- Etude de l'influence du rail sur la résistance de l'attache
- Influence du casse-goutte

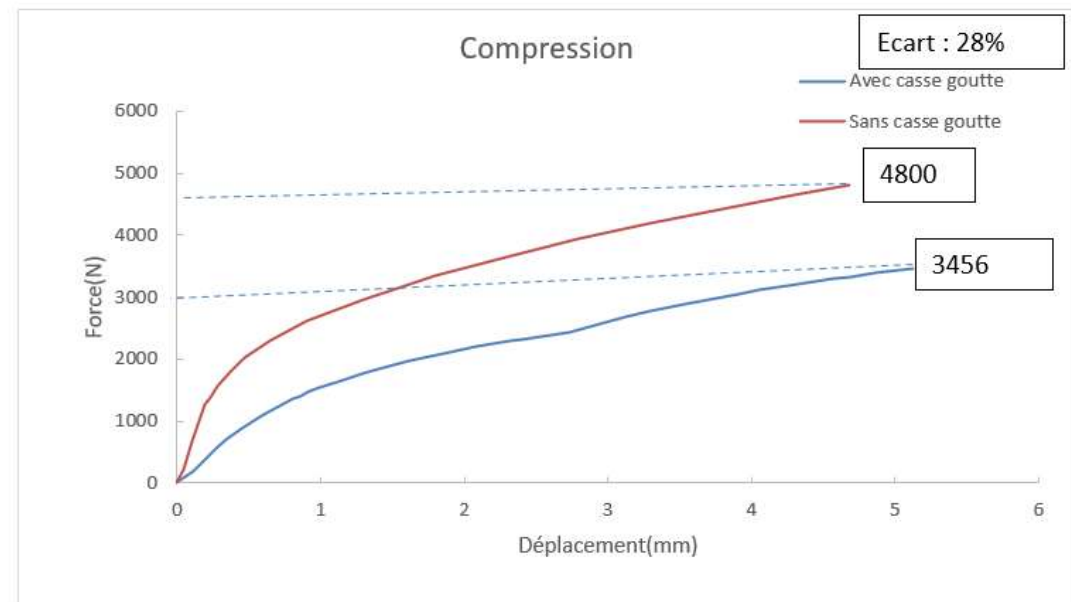
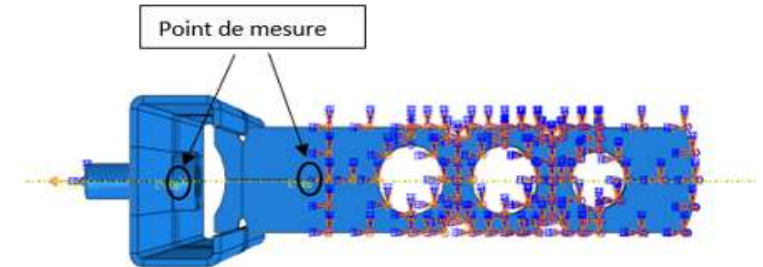


Essai d'arrachement de l'attache du rail



Attache plate en compression : influence du casse -goutte

Modélisation de l'arrachement de l'attache du rail



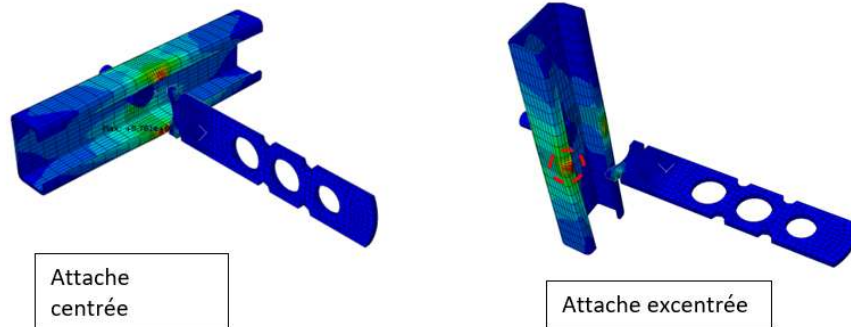
Compression attache plate avec et sans casse goutte

3 - Modélisation numérique

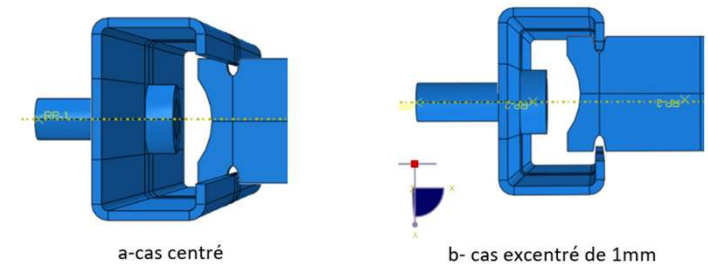


Etudes paramétriques/de sensibilité

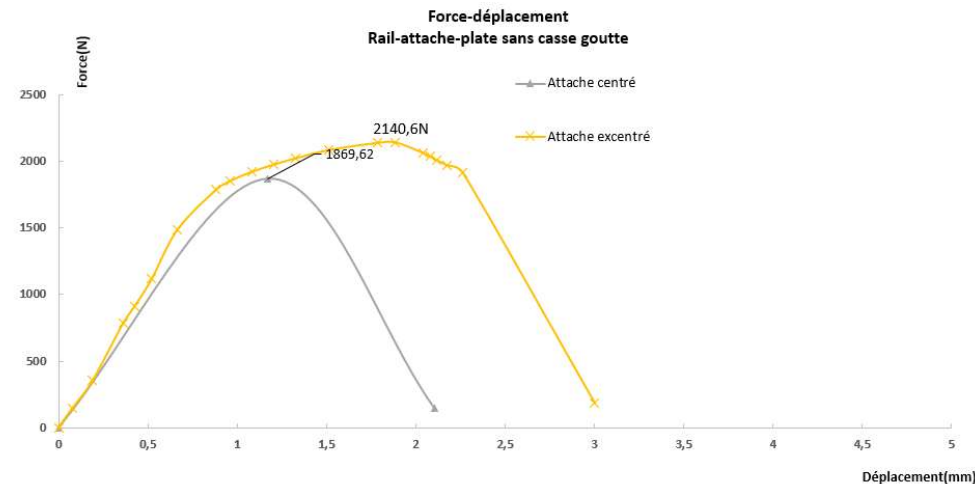
- Variabilité des propriétés du mortier
- Evaluation des incertitudes : implantation dans le rail, alignement attache
- Extrapolation à la structure complète (perspectives)



Concentration des contraintes dans un côté par rapport à l'autre dans le rail



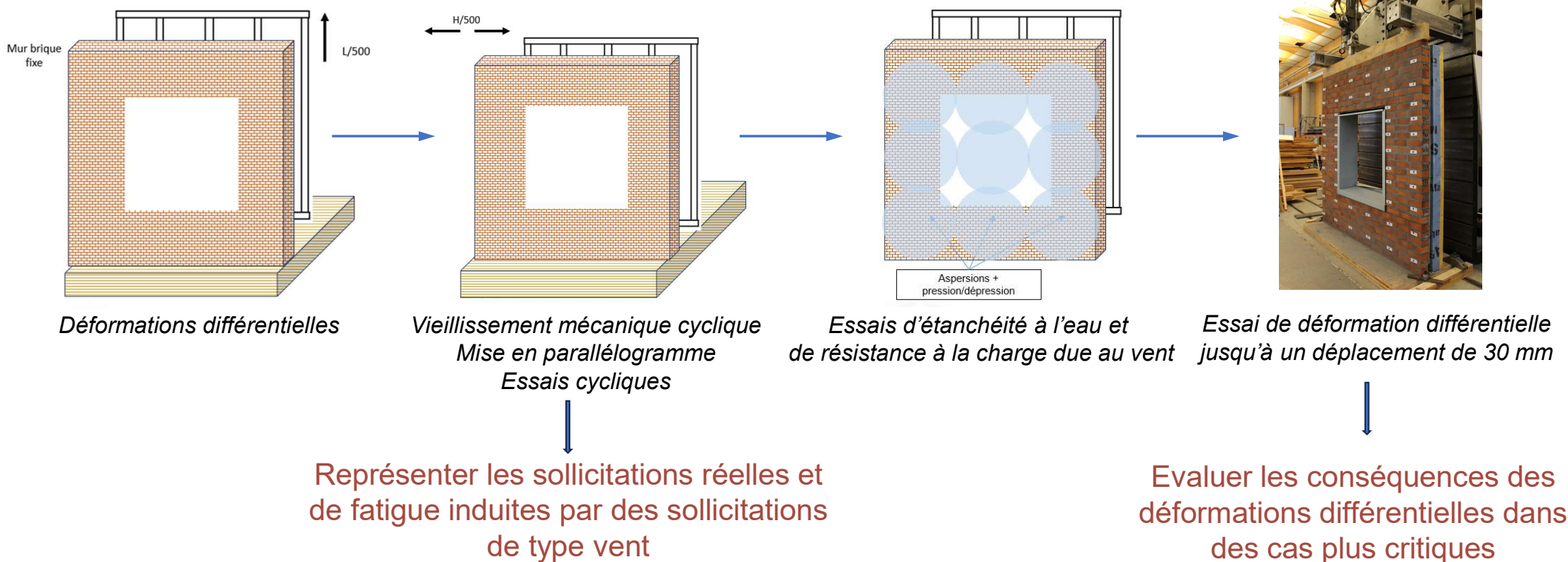
Excentrement du rail



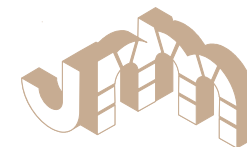
Traction attache centré et excentré

4 - Réalisation d'essais taille réelle

- Objectif : vérifier le maintien de l'étanchéité après vieillissement
- Cycle d'essai :



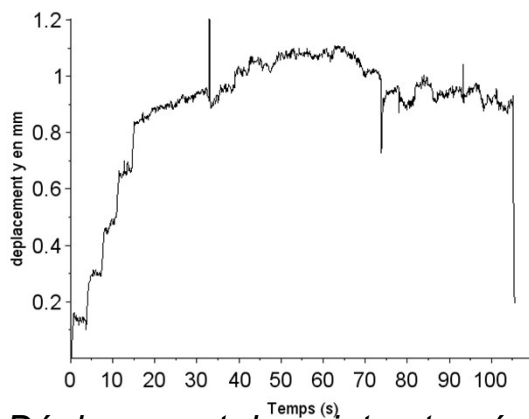
4 - Réalisation d'essais taille réelle



Essais de déformations différentielles

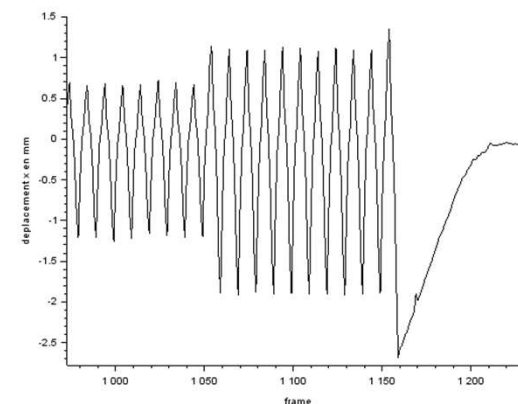


Essais cycliques – mise en parallélogramme



Déplacement du point entouré en orange au cours de l'essai

- ✓ Pas de dommage apparent sur la partie brique
- ✓ Découplage important entre les deux parties



Déplacement du point entouré en orange au cours de l'essai

4 - Réalisation d'essais taille réelle



Conclusion des essais EV (Etanchéité à l'eau et résistance au vent):

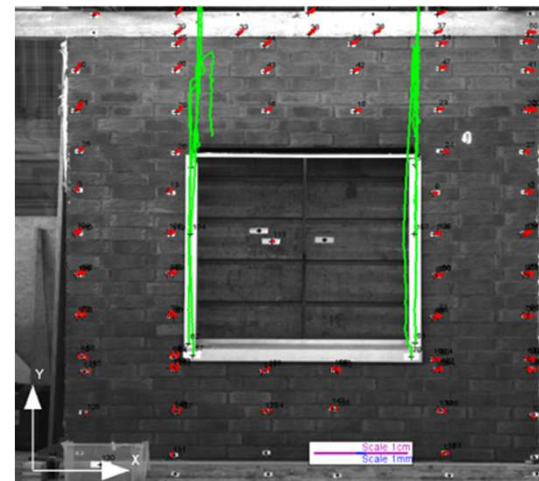
- ✓ Etanchéité à l'eau assurée jusqu'à une pression de pluie battante de 460 Pa (correspondant à une hauteur de bâtiment de 10m).
- ✓ Aucune dégradation n'a été constatée lors des essais de résistance sous charge au vent accrue (sécurité).

Essais de déformations différentielles jusqu'à 30 mm



Attaches filaires, briques creuses

- ✓ Déplacement de la partie maçonnerie (en rouge) très faible comparativement au déplacement de l'ossature bois, qui est majoritairement transmis au cadre métallique (en vert) : les attaches filaires plastifient sans dégrader le mortier ou les tasseaux.
- ✓ Aucune rupture n'ait été constatée.



Attaches plates, brique creuse

- ✓ Déplacements de la maçonnerie quasiment nuls : l'attache permet bien le glissement vertical entre l'ossature bois et la partie maçonnerie.
- ✓ Aucune rupture n'ait été constatée.



Essai de déformation verticale différentielle

5 - Rédaction du rapport global et d'un guide de conception



Conclusion :

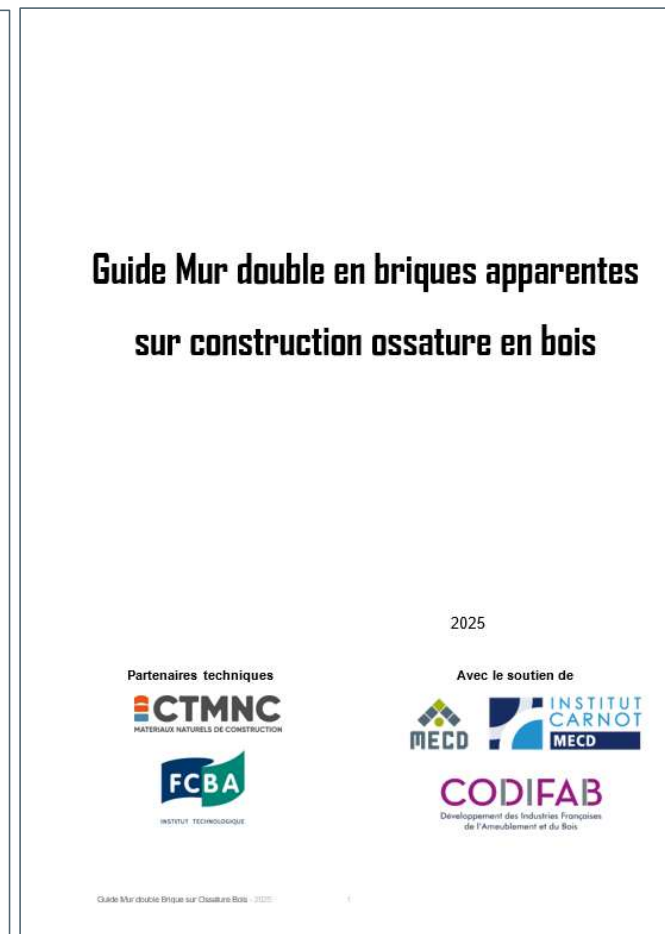
- ✓ L'ensemble des résultats indique que les préconisations et conceptions détaillées dans le rapport peuvent être appliqué pour le domaine d'emploi défini.

Perspectives

- ✓ Evaluation d'éventuelle amélioration du dispositif (isolation, lame d'air, console de supportage).
- ✓ Extension du domaine d'emploi (hauteur, sismique, feu).



Rapport d'étude



Guide



Merci de votre attention

Contact :

LE, Bérangère, le.tth@ctmnc.fr

Journées Nationales de la Maçonnerie
5ème édition | Bordeaux
12 et 13 juin 2025