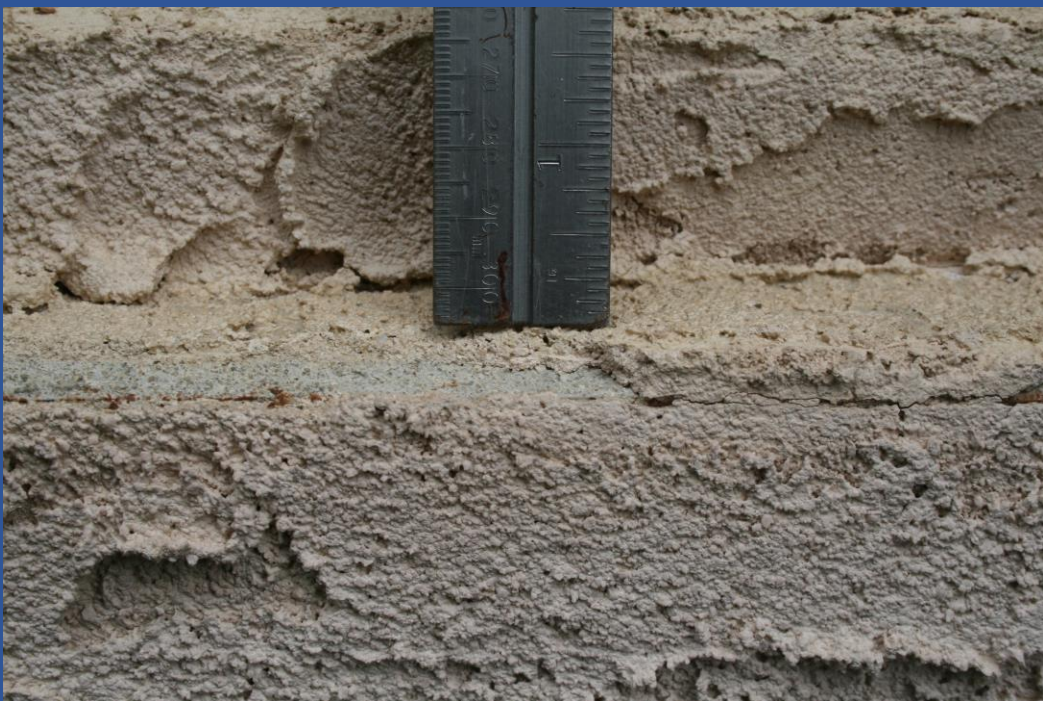


Normes canadiennes de maçonnerie: passé, présent et futur

Nigel Shrive

Normes – pourquoi en avoir?



Normes – qui les développe et les approuve?

Producteurs

Usagers

Organismes de réglementation

Intérêt général

Normes canadiennes de maçonnerie

CSA S304 – calcul structurel

CSA A082 – brique d'argile

CSA A165 – bloc de béton

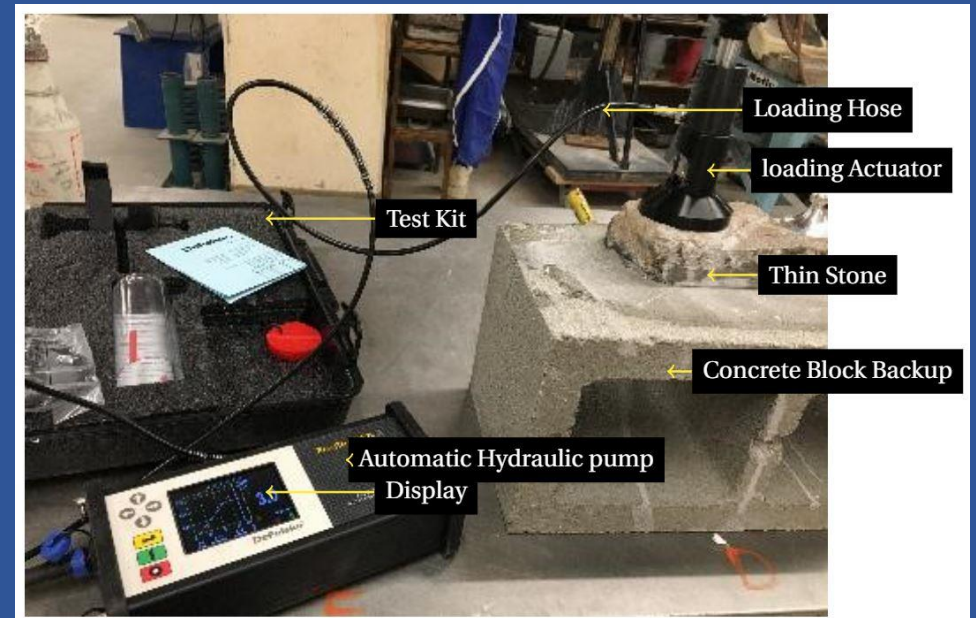
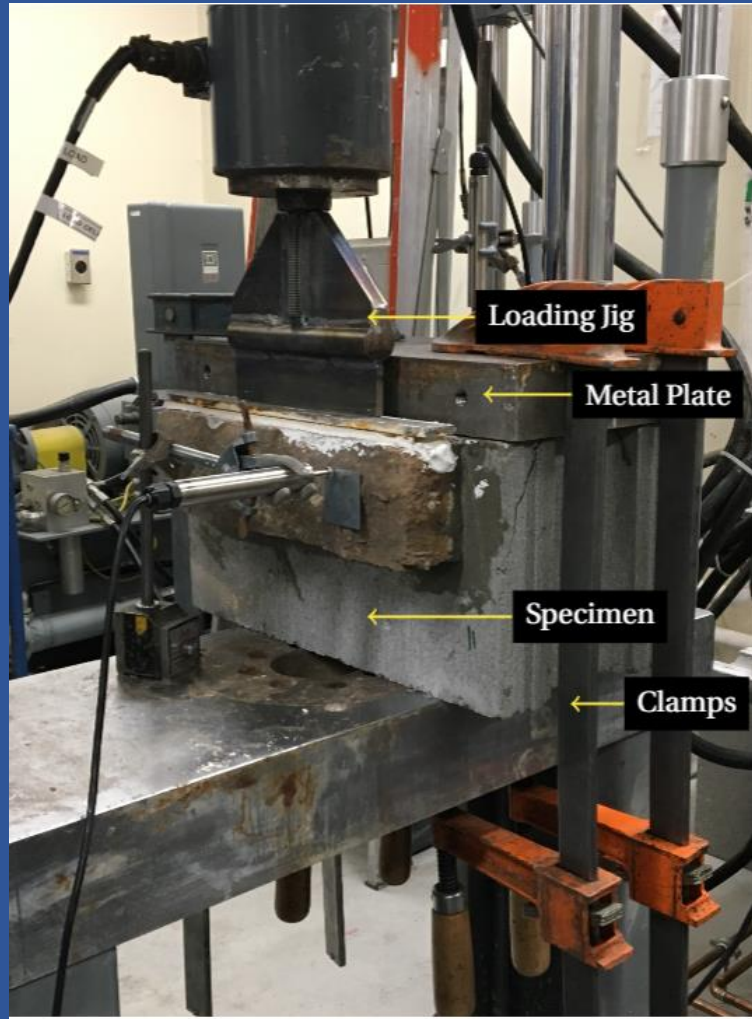
CSA A179 – mortier et coulis

CSA A370 - connecteurs

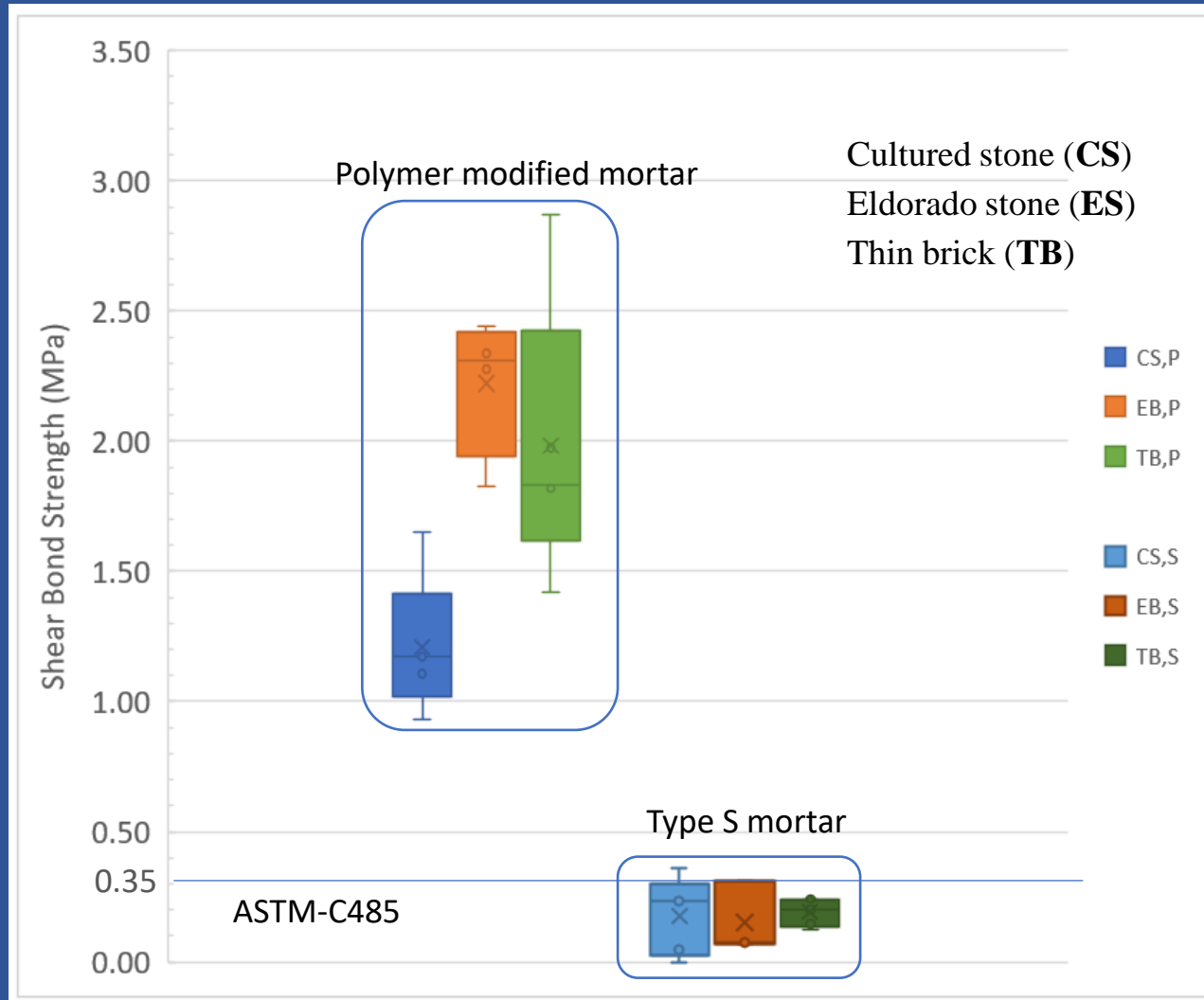
CSA A371 – construction

Lécher et coller?

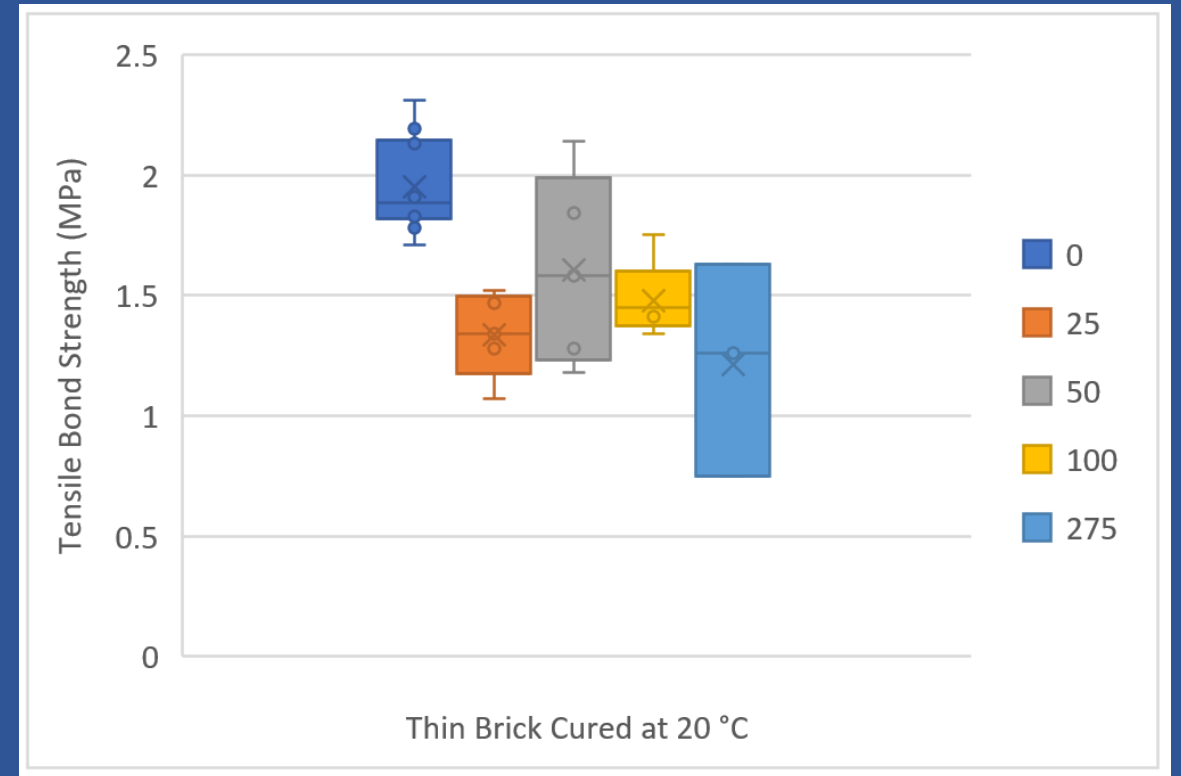
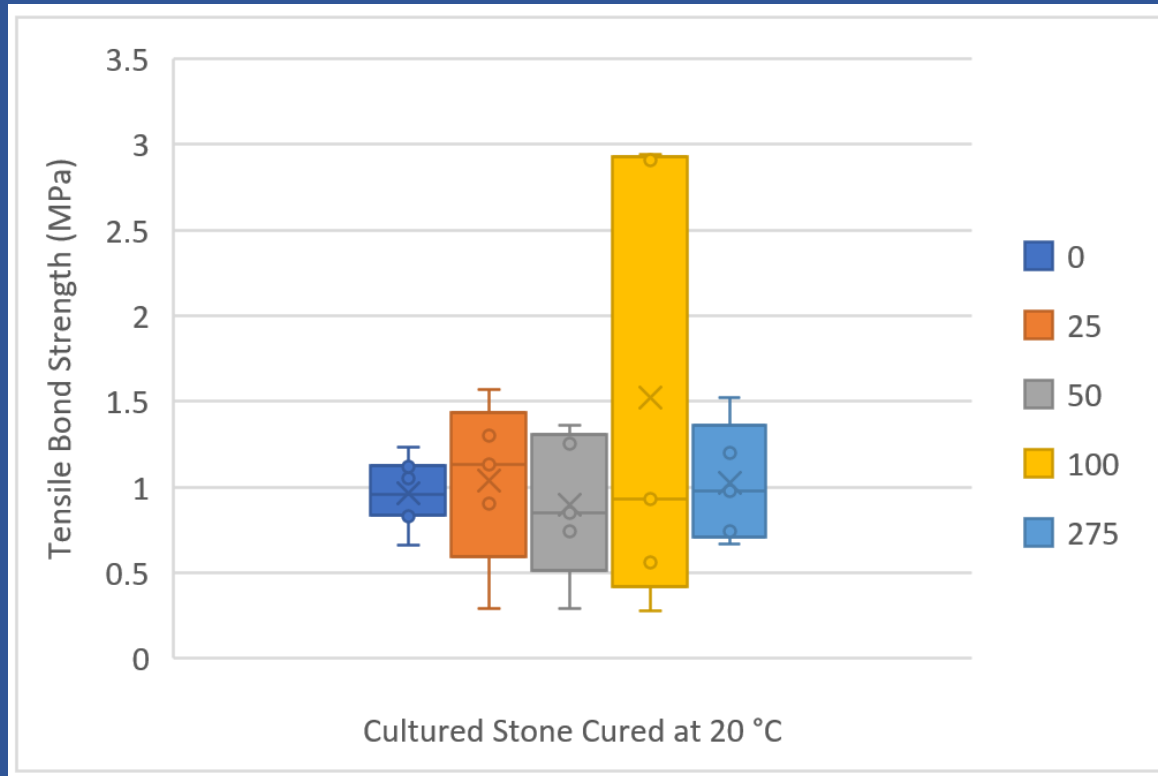




Résultats pour la résistance au cisaillement



Effet du gel-dégel



Étude CANUS

A179 Mortier et coulis pour la maçonnerie en éléments

A179 Mortier et coulis pour la maçonnerie en éléments

Commencé avec:

M 1 : $\frac{1}{4}$: $3\frac{1}{2}$ (CP: Chaux: Sable)

S 1 : $\frac{1}{2}$: $4\frac{1}{2}$

N 1 : 1 : 6

O 1 : 2 : 9

K 1 : 3 : 12

Pouvait produire avec du ciment à maçonner (supposément 1 : 1 CP : Chaux)

A179 Mortier et coulis pour la maçonnerie en éléments

Maintenant, seulement S et N

A toujours du ciment à maçonner, et maintenant du ciment à mortier aussi

Spécifié par dosage ou par propriétés

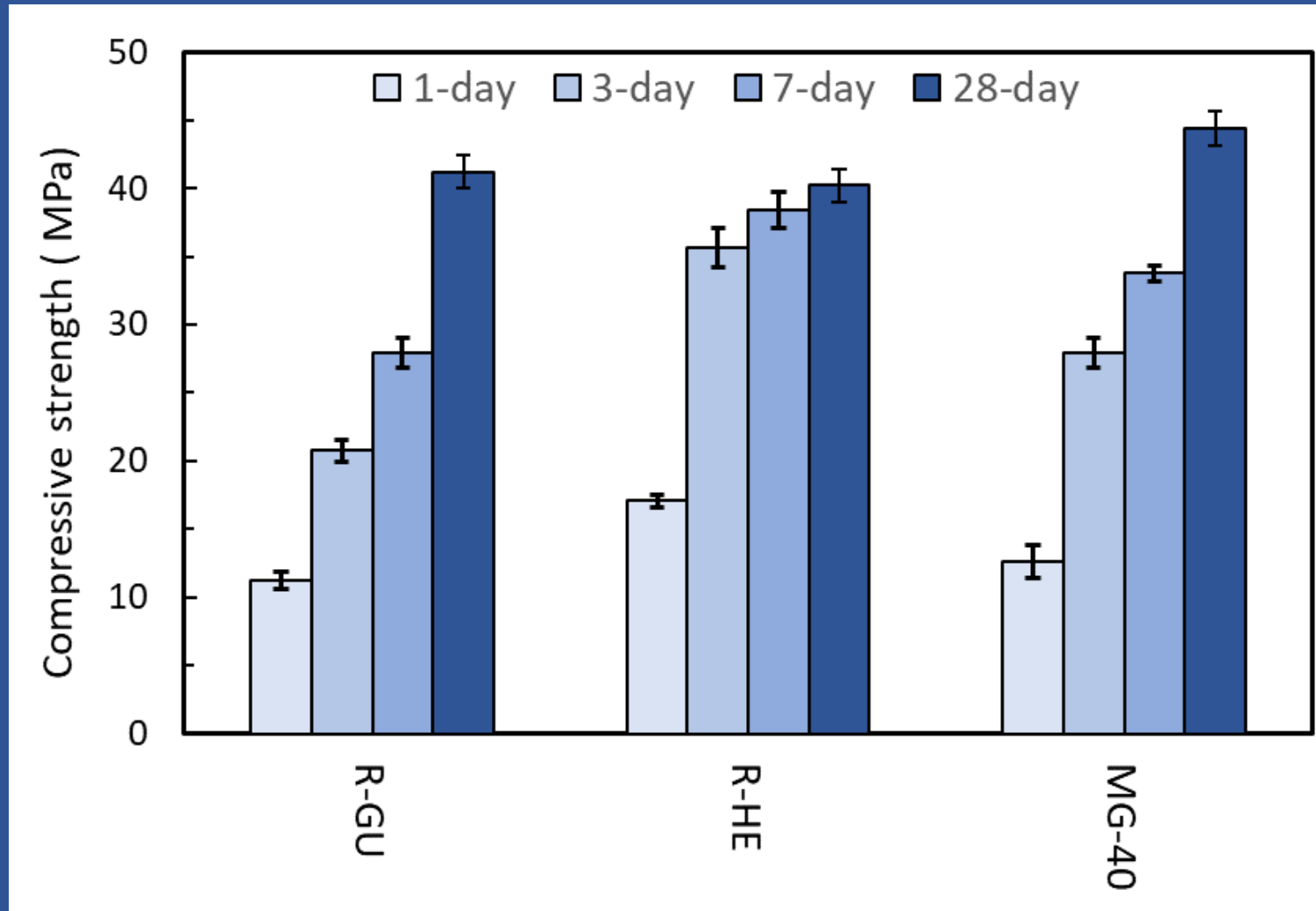
A179 Mortier et coulis pour la maçonnerie en éléments

Les ciments changent

Ciments Portland au calcaire ajouté la dernière fois

Peut introduire d'autres – doit respecter les exigences de la
MAÇONNERIE

A179 Mortier et coulis pour la maçonnerie en éléments



A179 Mortier et coulis pour la maçonnerie en éléments

Annexe D



A179 Mortier et coulis pour la maçonnerie en éléments

Annexe D



S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

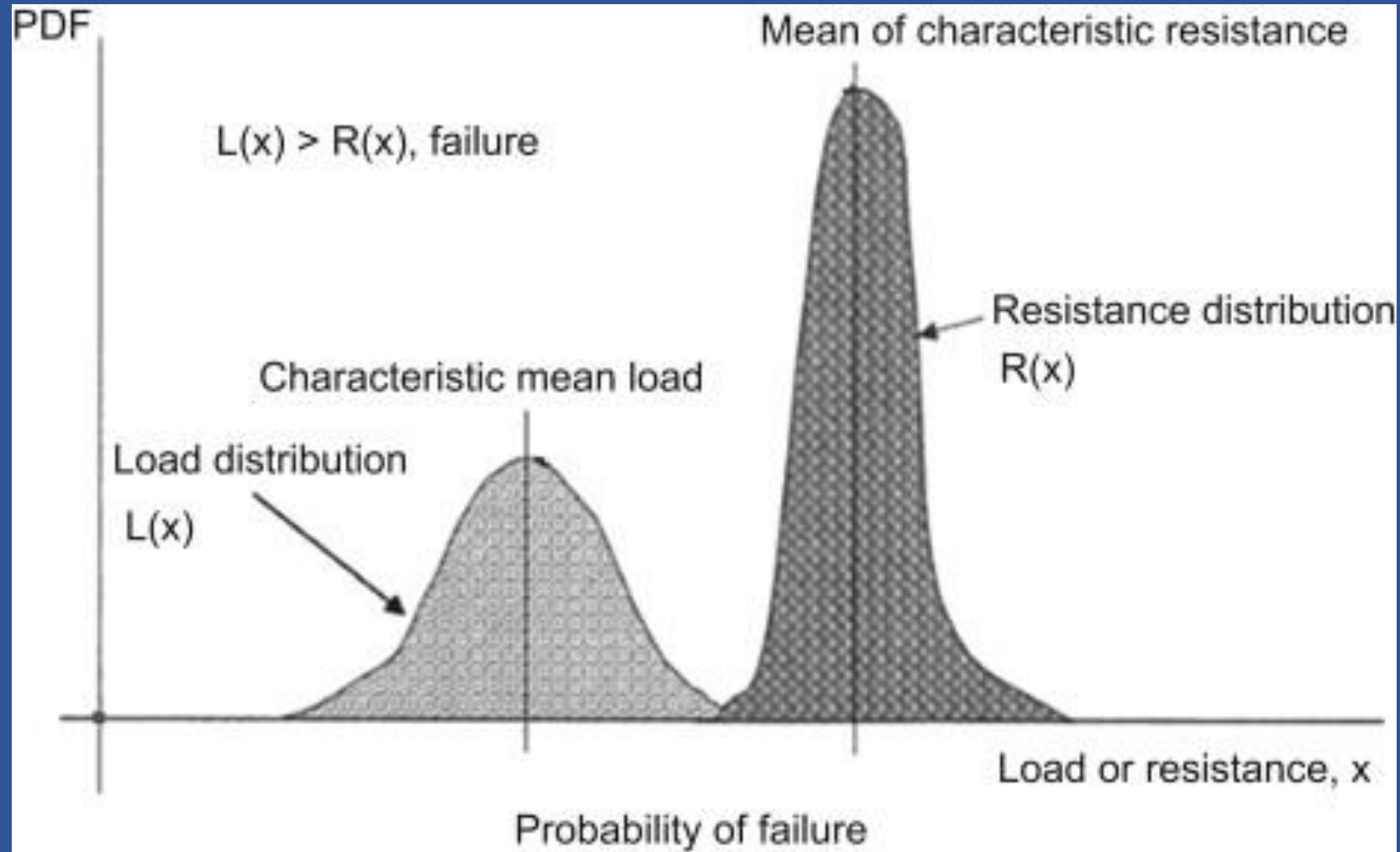
S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

Contrainte de service (admissible) (1977)

à

Calcul aux états limites (1984)

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie



<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/limit-state-design>

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

Modifications ultérieurs

Sismique

Coefficient de résistance

Résistance au cisaillement (murs et poutres)

PRFs

Calcul de charge concentrée

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

Modifications ultérieurs

Dispositions relatives à l'armature

Dispositions relatives aux murs de remplissage

Ancrage

Précontrainte/post-tension

Action bidirectionnelle dans les panneaux

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

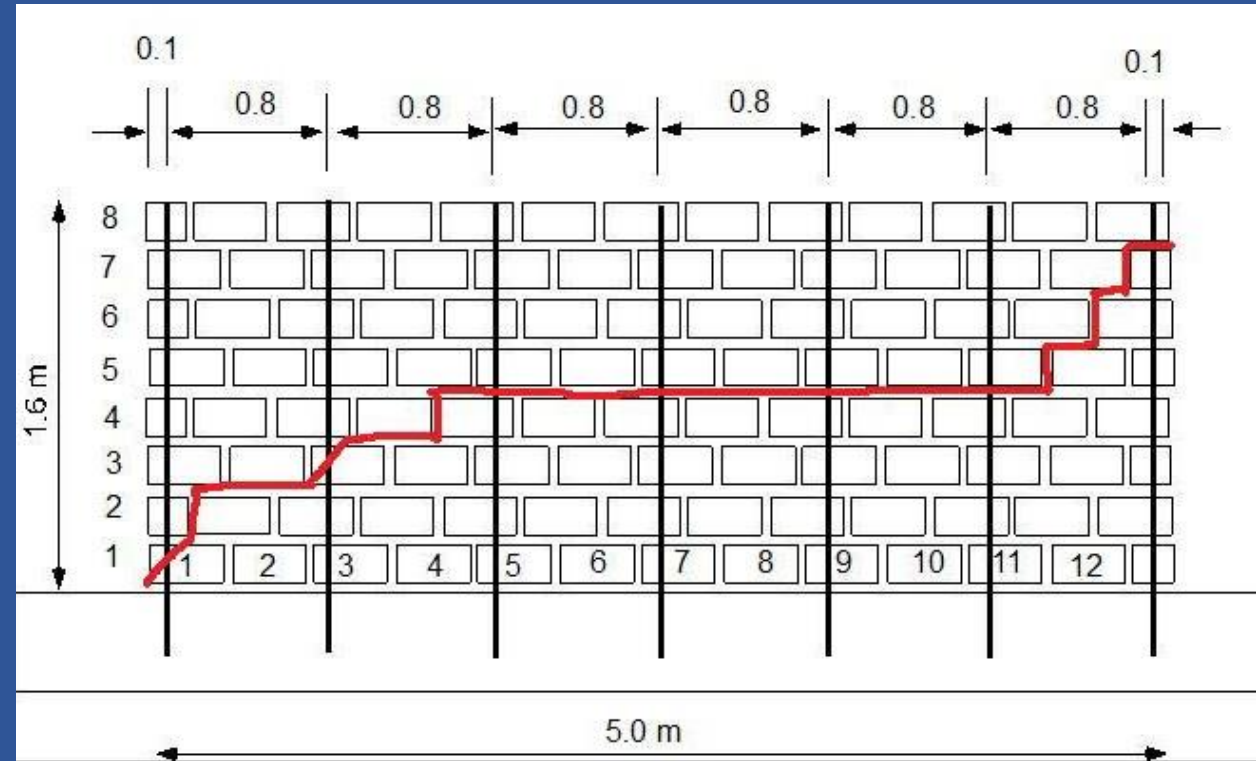
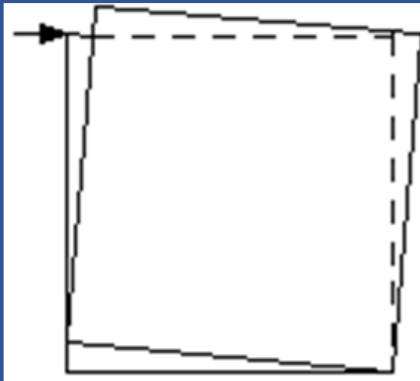
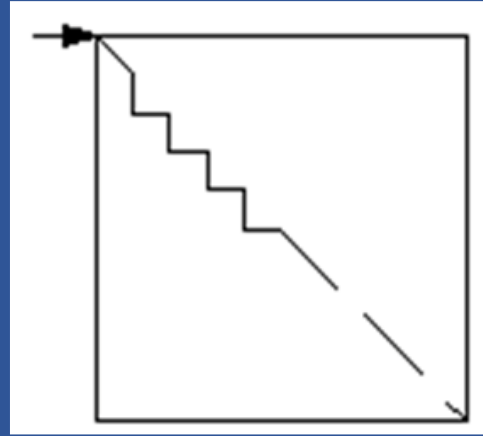
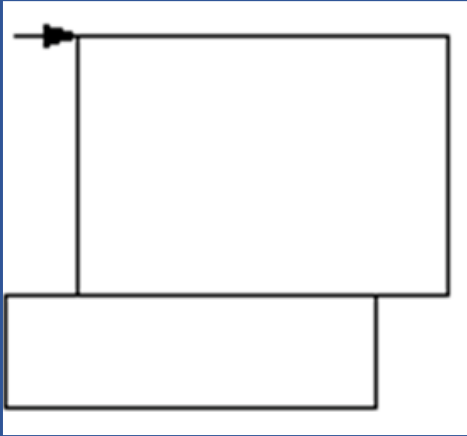
Quoi d'autre faut-il regarder?

Effort tranchant / cisaillement

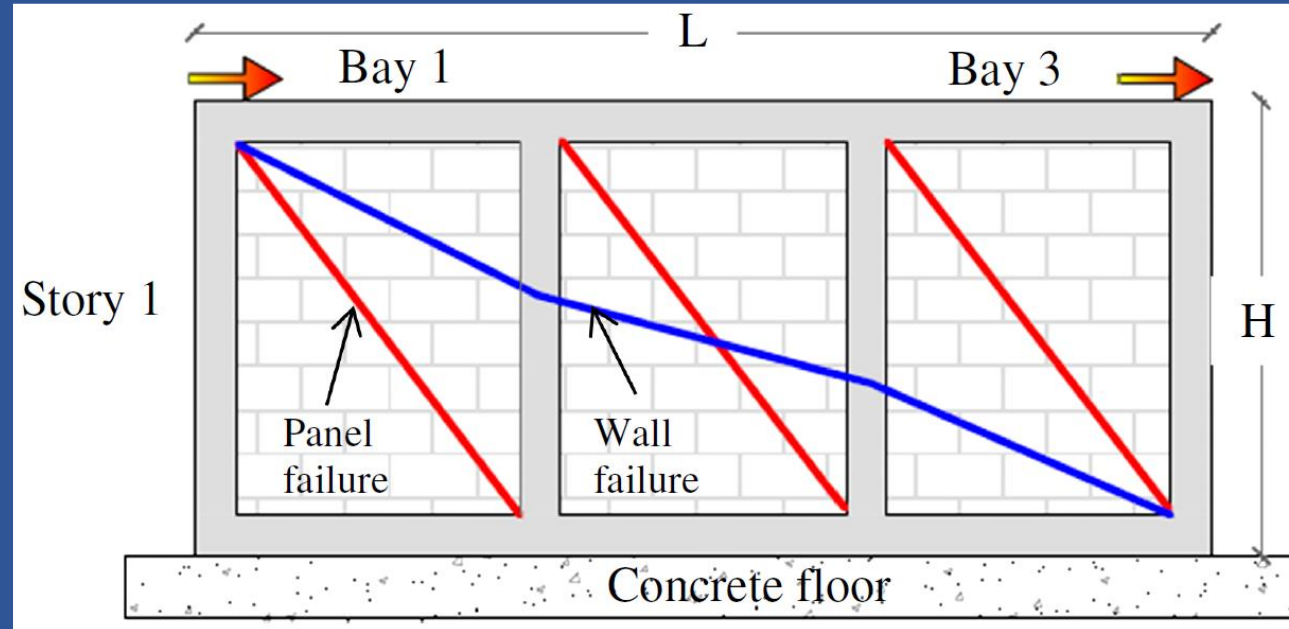
Murs élancés

Travaux en blocs vs briques vs pierres

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie



S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

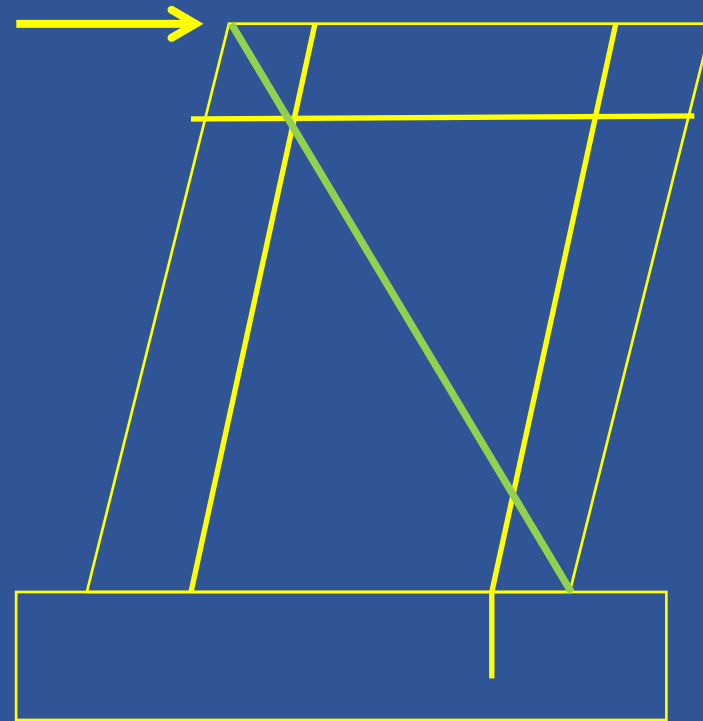
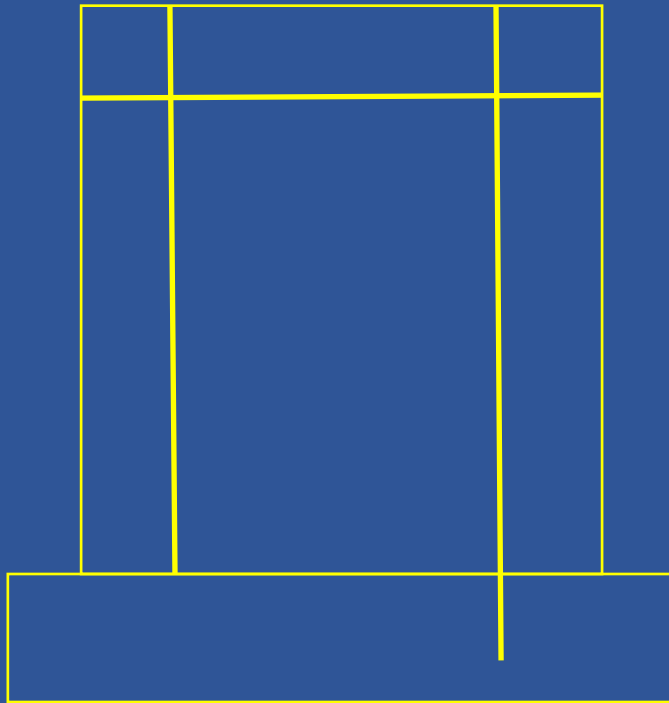


S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

Résistance au cisaillement (articles 7.10.2.3 et 10.10.2.3)

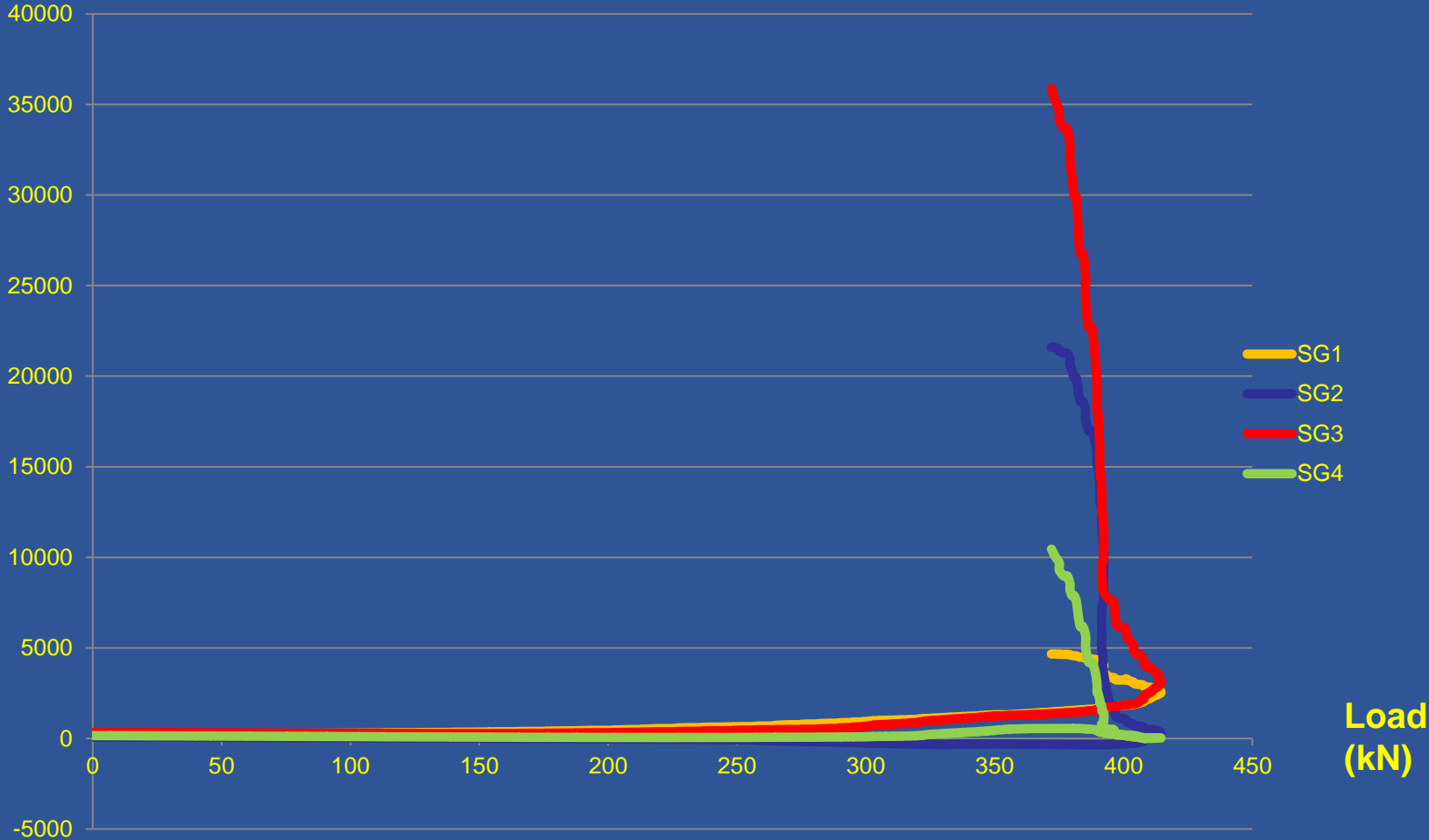
$$v_m = 0.16 \left(2 - \frac{M_f}{V_f d_v} \right) \sqrt{f'_m}$$

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

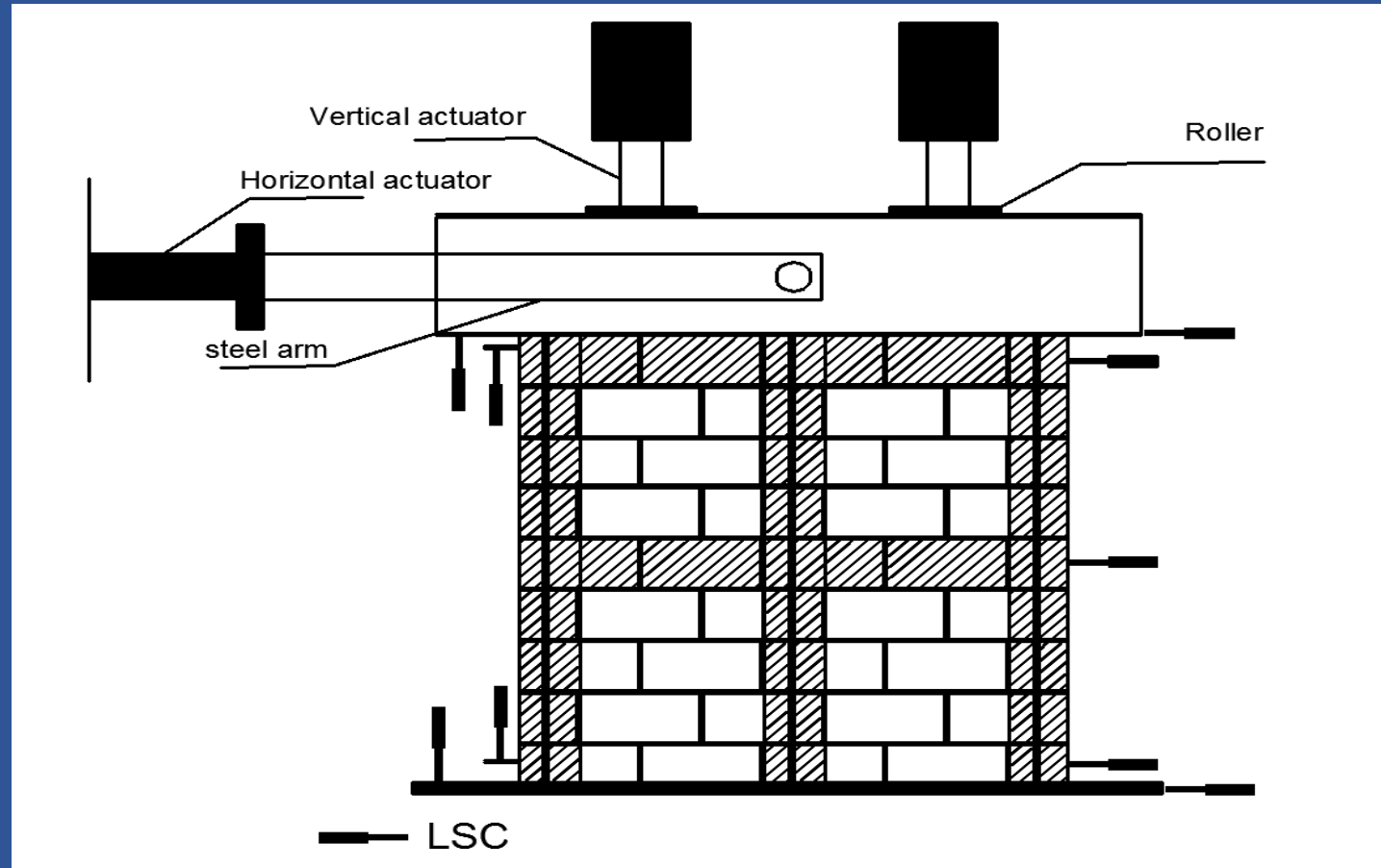


Contraintes dans l'armature des joints horizontaux

Micro Strain



S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie



S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

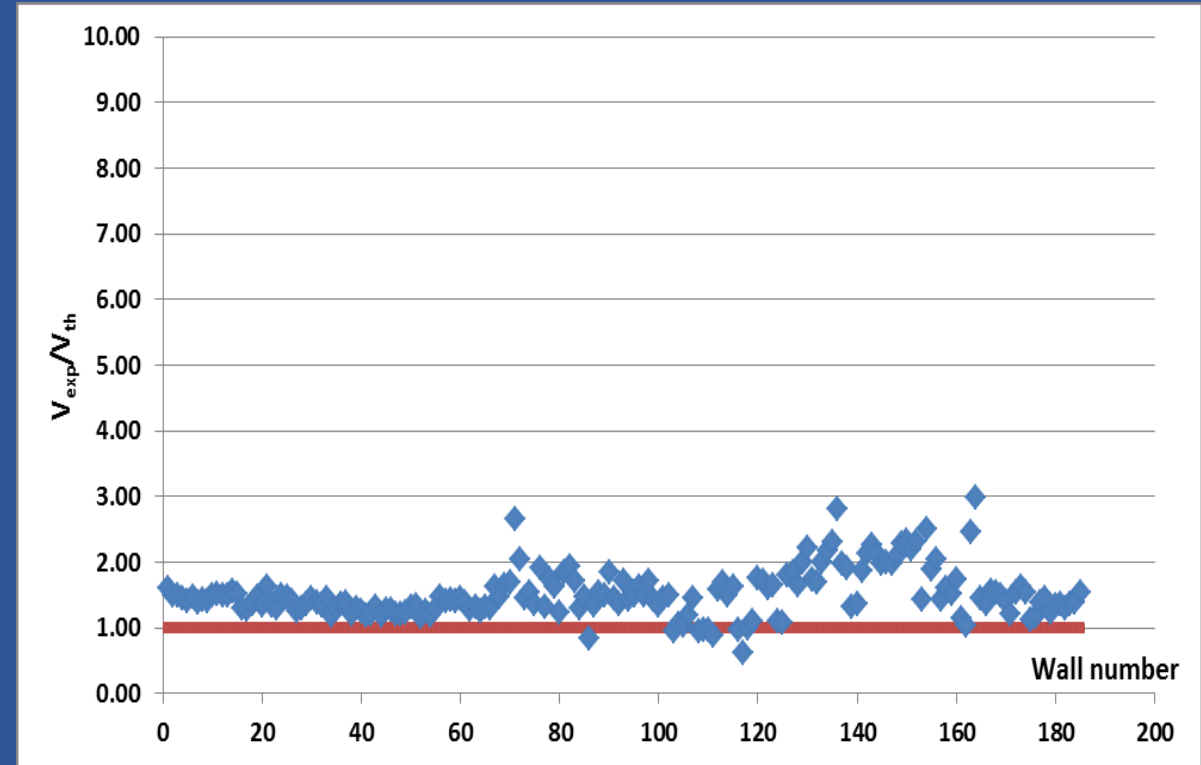
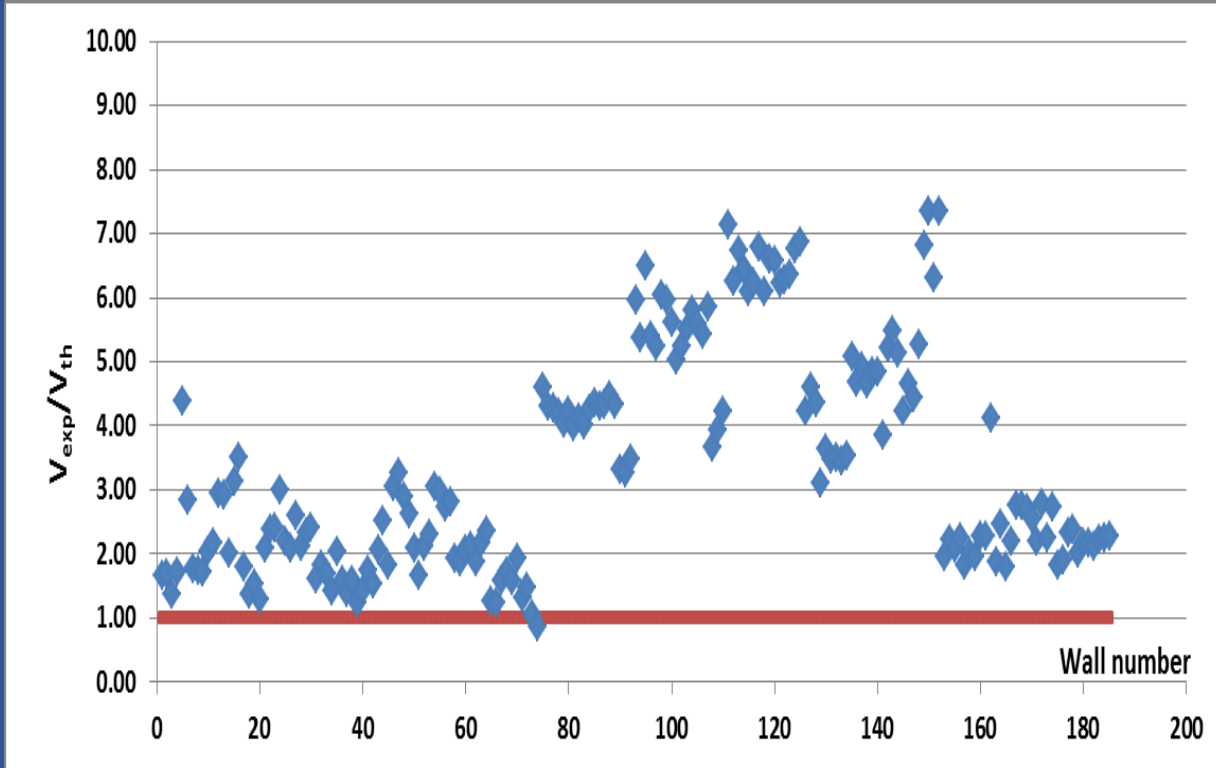
Résultats

Non-armé horizontalement: 131.1 ± 4.6 kN

Armé horizontalement: 143.1 ± 14.4 kN

Pas différent statistiquement

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie



$V_{exp}/V_{prédit}$ par norme canadienne (à gauche) et une nouvelle équation (à droite)

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

Obtenir la résistance au cisaillement à partir d'un essai réel?

Triplet européen ou tension diagonale américaine?

Puis ajuster les équations de calcul?

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

Murs élancés

Le flambement se produit lorsque la charge axiale atteint P_{critique}

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

$$P_{cr} = \pi^2 EI / (kh)^2$$

$$I = Ar^2 \quad (r \text{ est le rayon de giration})$$

$$\text{Donc, } P_{cr} = \pi^2 EA / (kh/r)^2$$

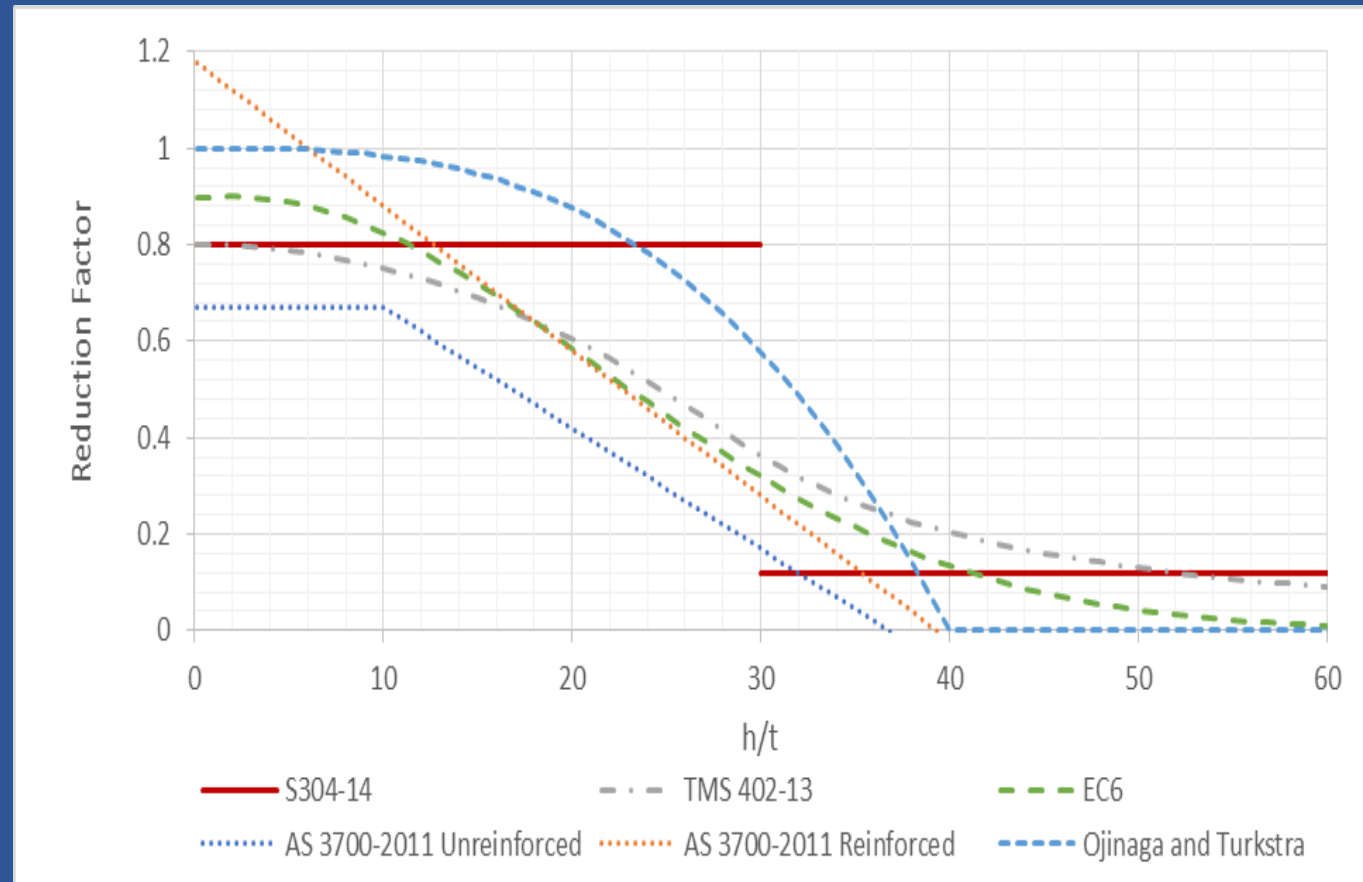
S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

h/r est l'élançement

Le flambement se produit lorsque h/r atteint environ 100 à 150

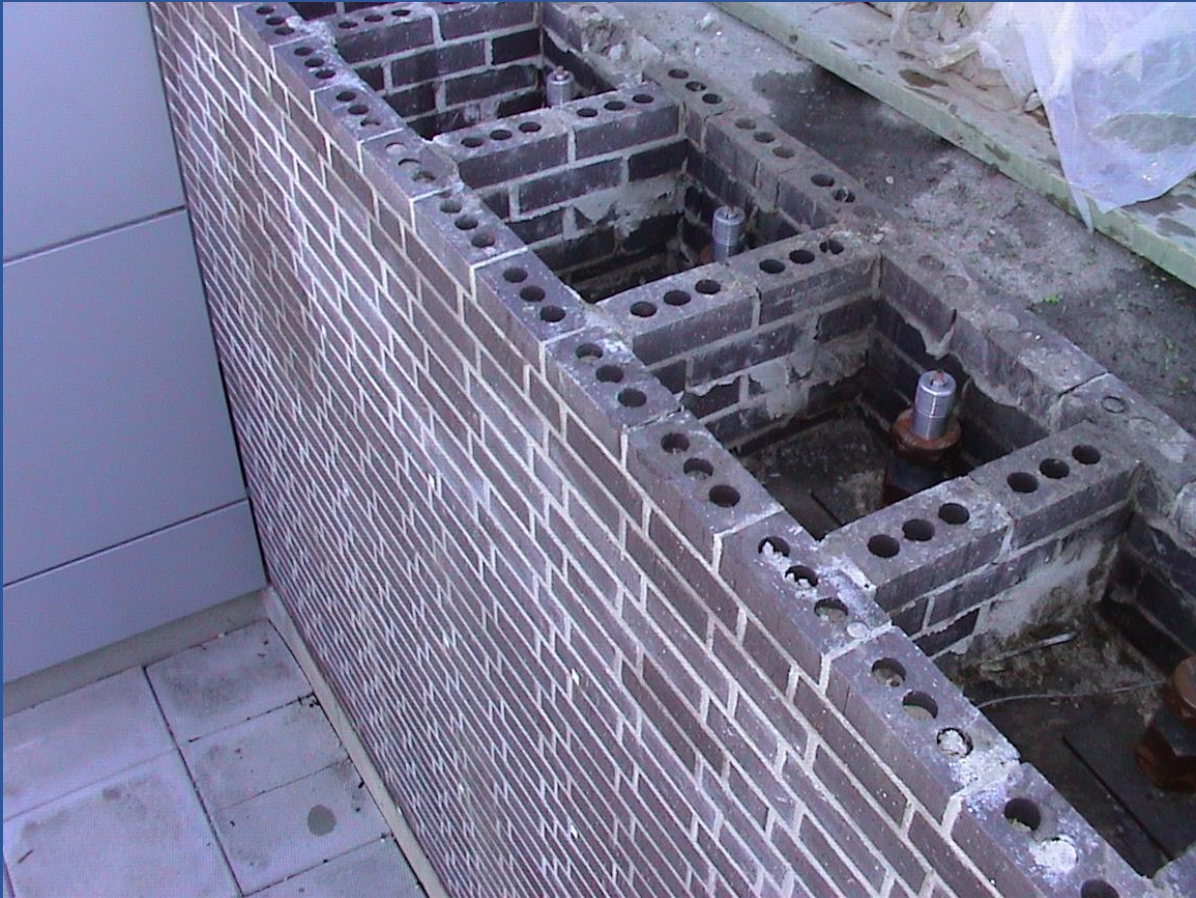
Pour un mur plein, r est $\sqrt{12}$ fois l'épaisseur

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie



Rapport hauteur/épaisseur vs. Facteur de réduction dans les Normes de Conception Mondiales, pris à partir de Isfeld et al. (2019)

S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

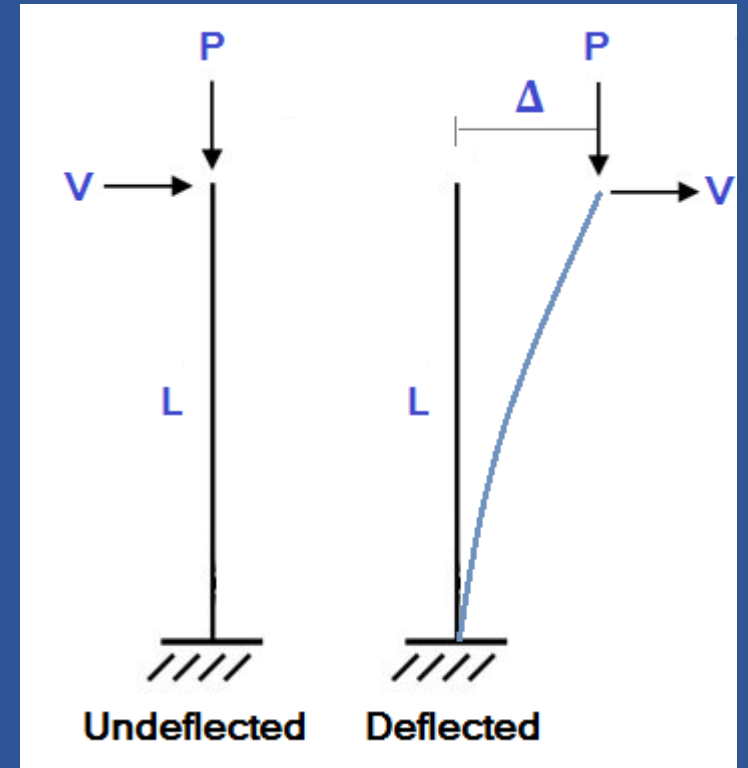


S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

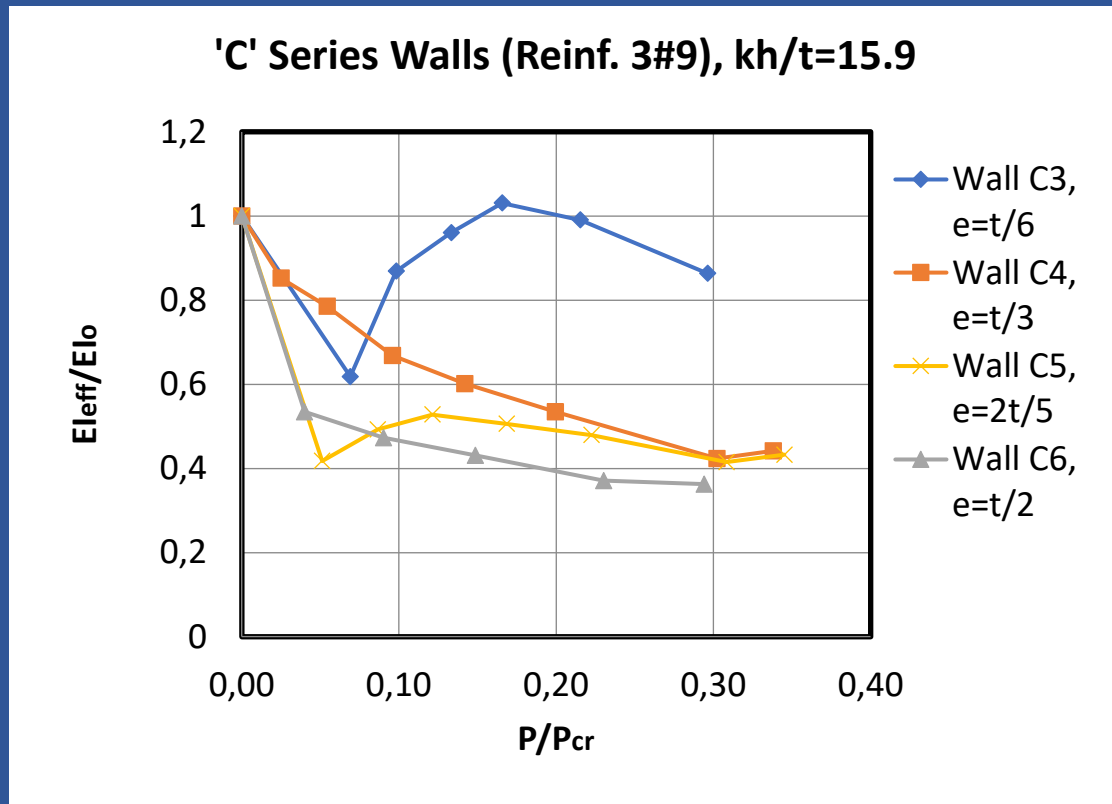
Un mur est considéré comme élancé lorsque:

$$kh/t \geq \left(10 - 3.5 \left(\frac{e_1}{e_2}\right)\right)$$

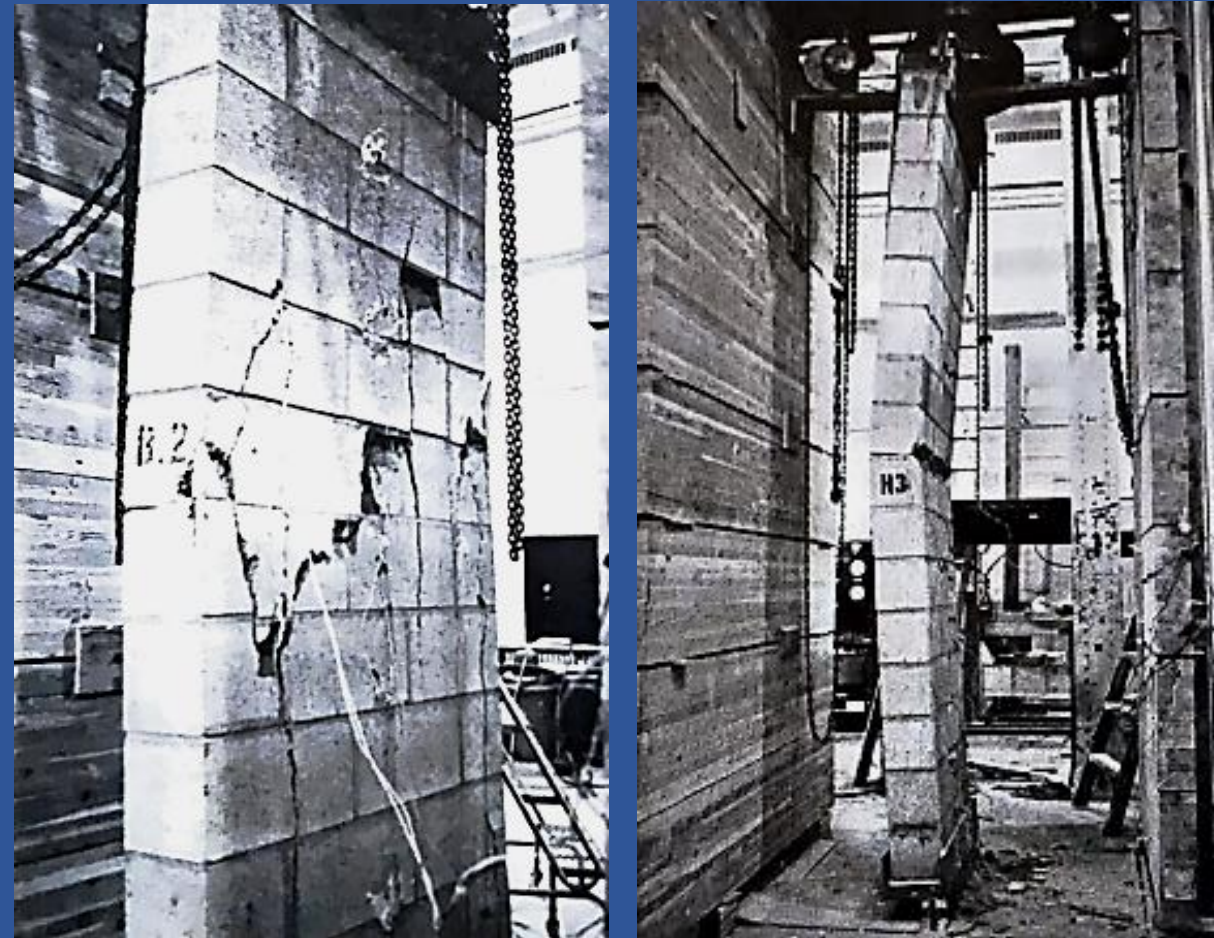
Les murs élancés sont conçus pour résister au moment secondaire dû à la déviation latérale causée par la charge primaire.



Facteurs influant la rigidité efficace



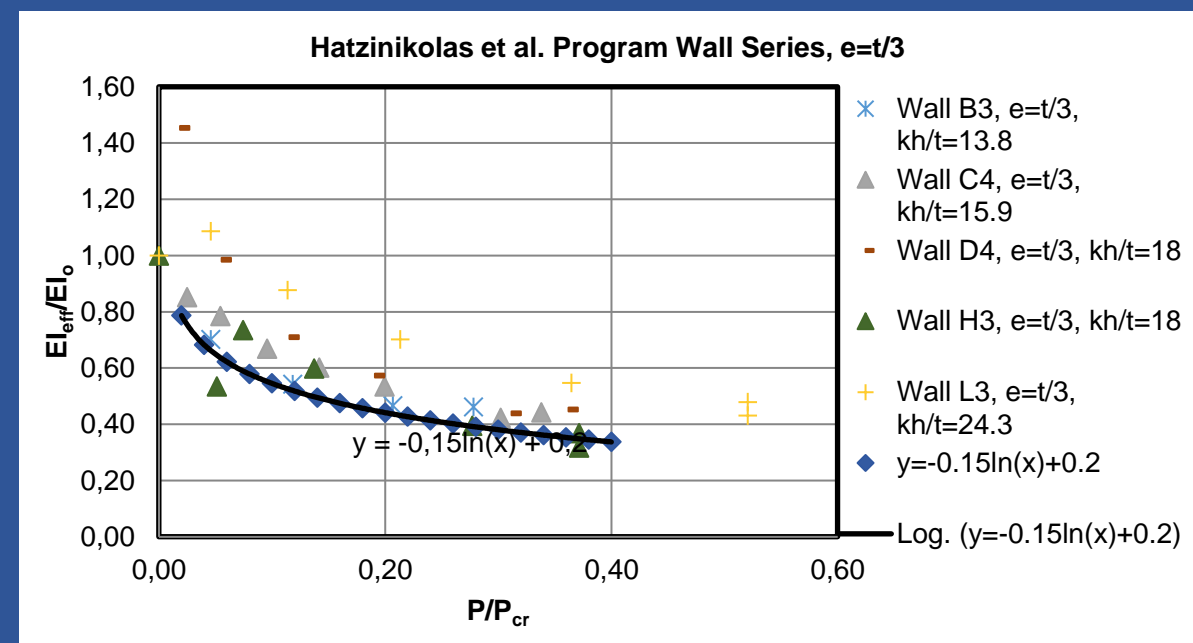
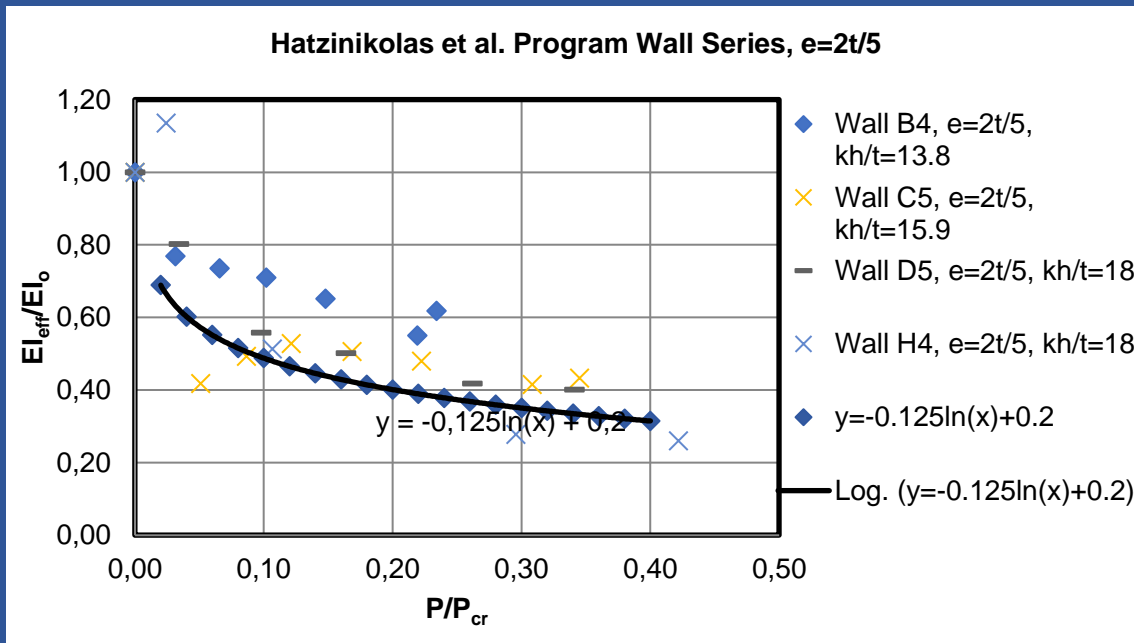
Changement dans la Rigidité Efficace avec la charge



Deux murs élancés – Deux modes de défaillance différents (Hatzinikolas et al. (1978))

Nouvelle équation de Rigidité Efficace proposée

$$\frac{EI_{eff}}{EI_0} = - \left(0.05 * \left(\frac{t}{e} \right) \right) \ln \left(\frac{P}{P_{cr}} \right) + 0.2, \quad EI_{eff} \leq EI_0$$



S304 Calcul des ouvrages en maçonnerie

Déplacement hors-plan et état du joint d'assise à la charge maximale

Wall h/t	Fix- Fix	Pinned Support Eccentricity e/t						
		0	1/10	1/6	1/4	1/3	1/2.5	1/2
5	0	0	1.2	1.8	2.2	2.3	2.6	2.8
10	0	0	2.1	3.2	4.1	6.8	5.3	1.7
20	0	0	8.8	12.6	12.2	13.9	13.9	0.1
30	0	0	17.1	21.0	22.4	22.9	22.9	2.4
40	0	3.7	29.5	38.4	38.9	38.9	24.2	0.3
60	0	33.9	78.7	78.5	61.7	45.5	23.8	0.7

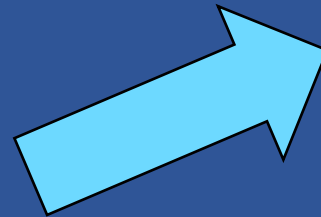
All bed joints fully closed

Bed joints with partial contact

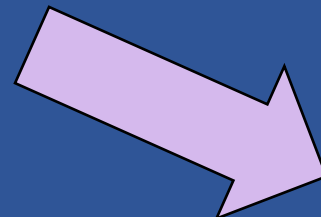
Full opening of some bed joints

Approche de Calcul Proposée

Étape 1: Prévoir le mode de défaillance du mur élancé (basé sur le rapport d'élançement, la charge latérale et l'excentricité de la charge axiale)



Étape 2A: Défaillance compressive prévue: conception sans considérer le moment secondaire



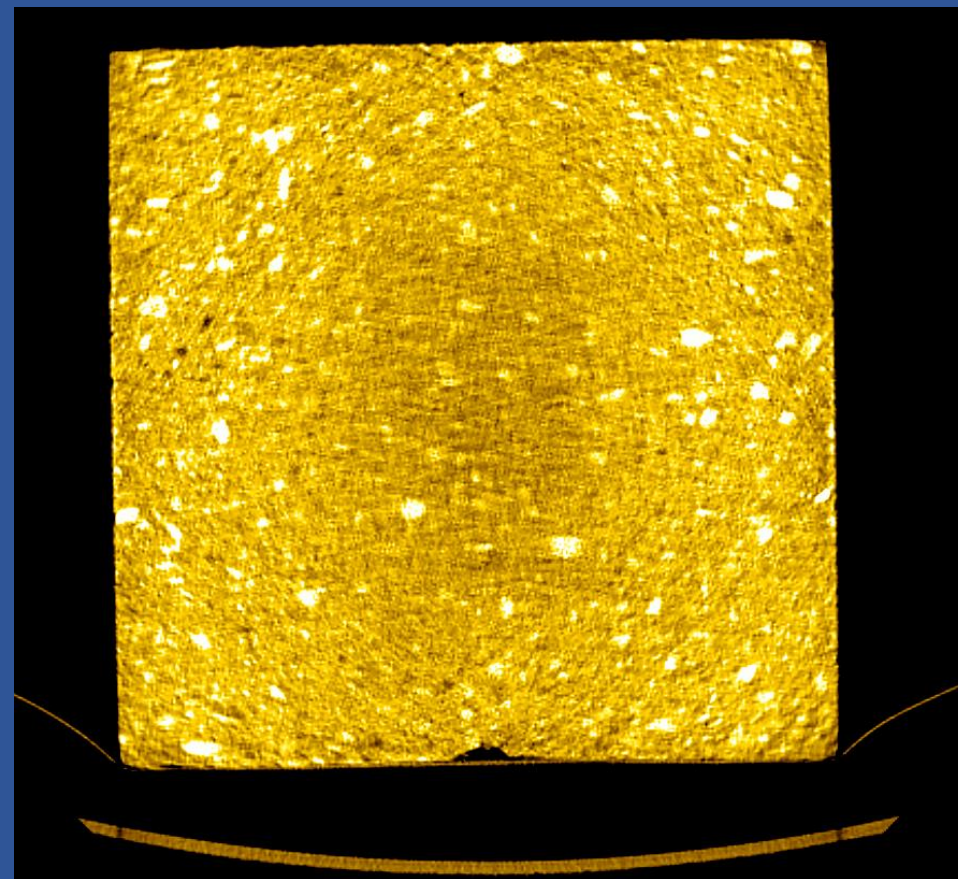
Étape 2B: Défaillance hors plan prévue: compatibilité de la conception pour le moment secondaire à l'aide de la nouvelle Équation EI_{eff} :

A165 Normes sur les éléments de maçonnerie en béton

Est-ce le meilleur possible?

Un étranger qui regarde

A165



A165



A165



A165



A165

Specimen	Cracking Load	Ultimate Load
N1	293	595
N2	279	599
N3	290	643
D1	260	592
D2	269	701
D3	285	575
R1	429	808
R2	323	682
R3	430	651

A165

Stats de charge de fissuration:

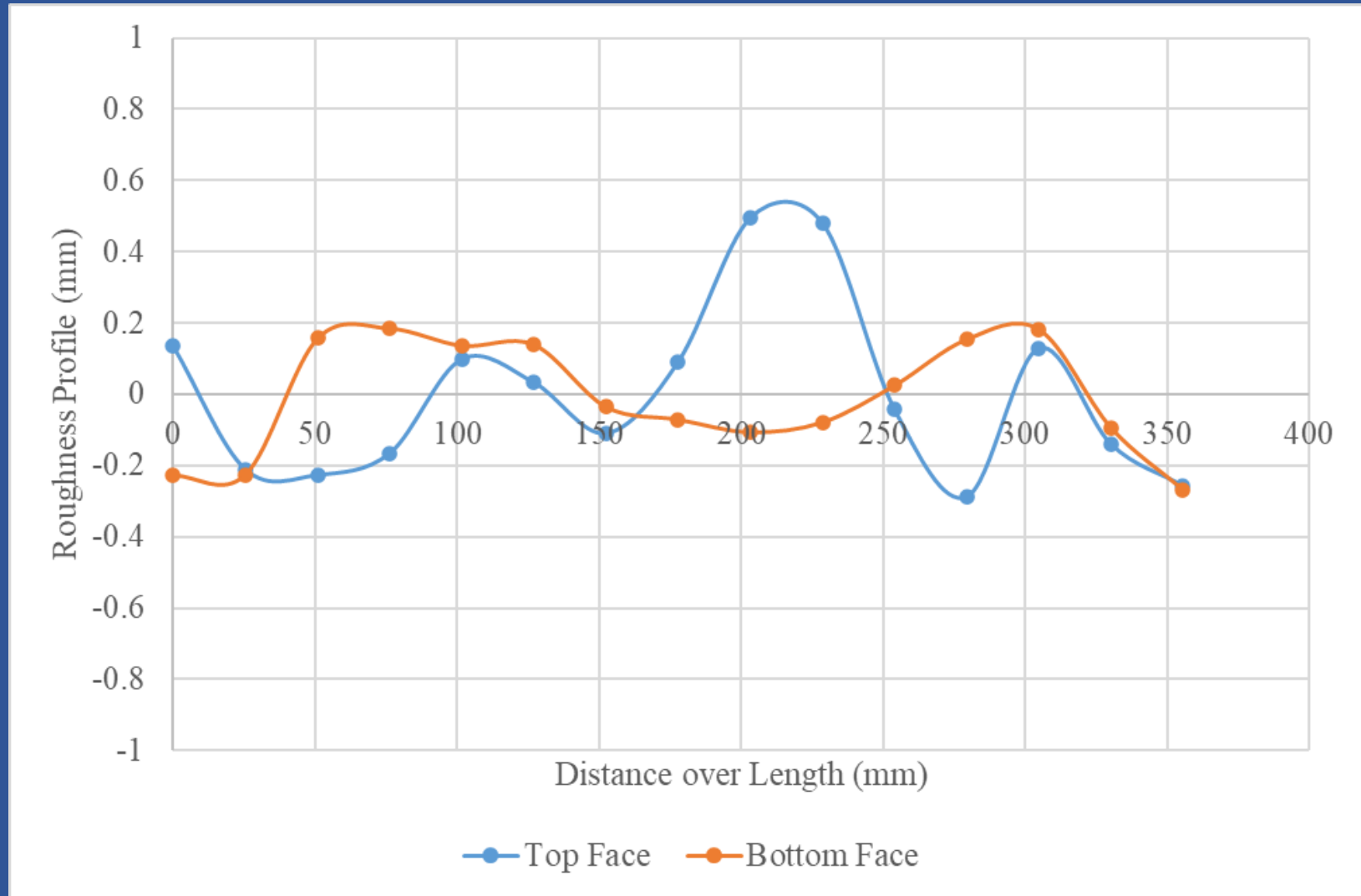
Type	Charge de fissuration (kN)	Écart type
N	287.3	7.4
D	271.3	12.7
R	394.0	61.5
R*	429.5	0.7

Stats de charge de rupture:

Type	Charge de rupture (kN)	Écart type
N	612.3	26.6
D	622.7	68.4
R	713.7	83.2

*R2 Valeur aberrante supprimée

A165



Résistances spécifiées du Tableau 4 S304 en MPa

Résistance à la compression de l'élément	Mortier de type S		Mortier de type N	
	Creux	Pleins ou remplis de coulis	Creux	Pleins ou remplis de coulis
30 ou plus	17.5	13.5	12	9
20	13	10	10	7.5
15	10	7.5	8	6
10	6.5	5	6	4.5

Nouvelle étude?

Cinq prismes de 5 assises:

- **Creux Type N**
- **Creux Type S**
- **Coulis Fin Type N**
- **Coulis Fin Type S**
- **Coulis Grossier Type N**
- **Coulis Grossier Type S**

Pour chaque résistance de bloc (10, 15, 20 , 30+)

Conclusion

Il y a beaucoup de travail à faire!

- Créer une norme de matériau “Maçonnerie” et inclure des placages de maçonnerie mince collés
- Aborder la réutilisation et l’entretien des bâtiments – mortiers de rejointoiement
- Régler l’élancement et le calcul des murs élancés
- Régler la conception de cisaillement
- Modifier A165?
- Faire une nouvelle enquête d’essais de résistance à travers le pays?

Merci de votre attention

J'espère avoir généré une réflexion sur
la manière dont nous pouvons
améliorer notre industrie grâce aux
normes!

Questions?