

- Expertise de l'incendie du mur en béton armé du pont du Chêne



- Laurent JOLY
- Marjorie BOURQUENCIER
- Cerema Est / Agence de Nancy / GOA

CONTEXTE

- Vendredi 22 mars 2024 à 16h45
- Sortie 20 de l'autoroute A31, sens Metz-Nancy à hauteur de Maxéville
- Maître d'ouvrage : DIR-Est

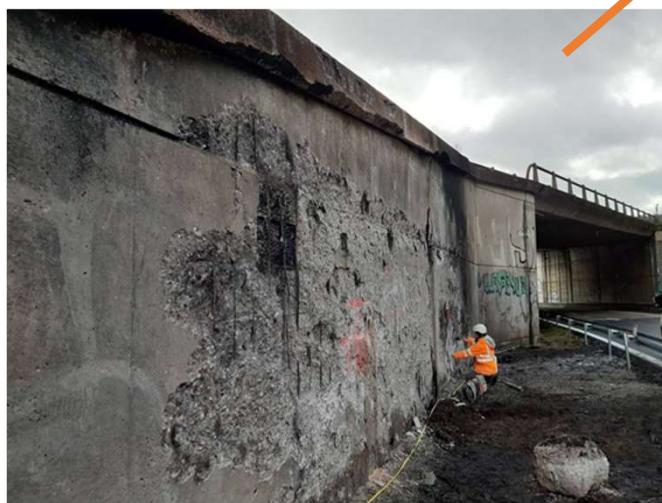
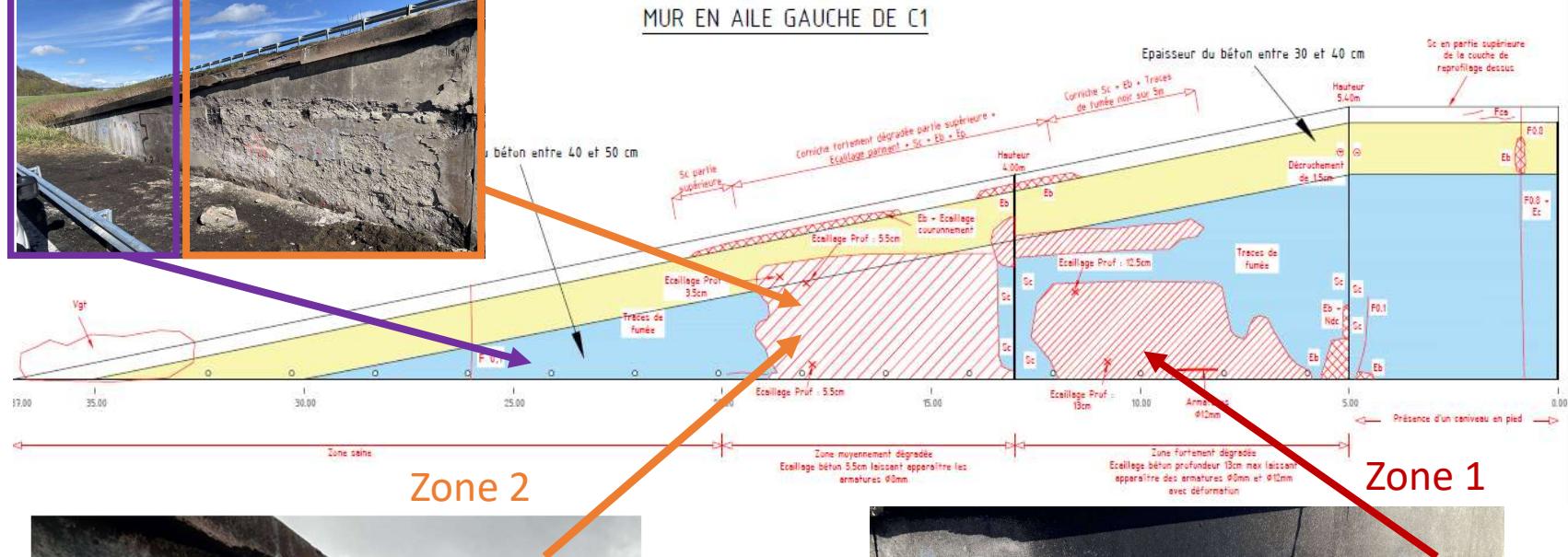
- 24 000 litres d'acrylate de butyle stabilisé (Point éclair 8°C)
- Durée totale d'intervention du SDIS 54 : 1H30
- Fermeture immédiate de la circulation



1/ Inspection détaillée exceptionnelle et estimation des résistances à la compression (Chems ANWAR)

Zone 3

Zone 2



- Trois zones distinctes
 - Zone 1, « zone cœur » fortement dégradée du PM 5 au PM 13
 - Ecaillage du parement avec 13 cm de profondeur au maximum
 - Acier passifs ø8 mm totalement dégagés avec déformations
 - Zone 2, « zone milieu » moyennement dégradée du PM 13 au PM 20
 - Ecaillage du parement avec 5,5 cm de profondeur au maximum
 - Acier passifs ø8 mm partiellement dégagés avec déformations
 - Un écaillage et des zones sonnant creux sur le rampant
 - Zone 3, « zone saine » du PM 20 au PM 37
 - Traces noires de suie

ESTIMATION DE LA RESISTANCE EN COMPRESSION

- NF EN 13791/CN - Octobre 2021

- Données d'essai sur carottes
- Coefficients de correction du diamètre et de l'élancement

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{c,is} = K_1 K_2 f_{c,l:d,carotte} \\ K_1 = \frac{106.358}{-0.0004d^2 + 0.2266d + 81.368} \text{ si } f_{c,l:d,carotte} \in [40 \text{ MPa}; 80 \text{ MPa}] \\ K_1 = \frac{108.748}{-0.0003d^2 + 0.244d + 78.898} \text{ si } f_{c,l:d,carotte} \leq 40 \text{ MPa} \\ K_2 = 0.18E + 0.64 \end{array} \right.$$

Désignation	Zone d'essai	Masse volumique (kg.m ⁻³)	Élancement	Résultat d'essai (MPa)	Résistance à la compression sur site $f_{c,is}$ (MPa)	Résistance caractéristique à la compression f_{ck} (MPa)
C2	Zone 3 (s)	2400	2	48,2	50,3	59,1
C4'	Zone 2 (m-d)	2390	2	40,3	42	49,4
C4-Ext	Zone 2 (m-d)	2350	0,57	33,1	26	30,6
C4-Int	Zone 2 (m-d)	2380	1,05	56,4	48,8	57,4
C6	Zone 1 (f-d)	2160	2,02	45,2	47,3	55,6

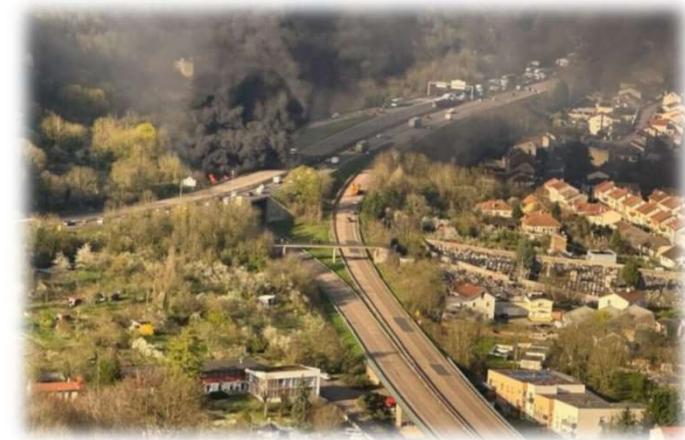


ESTIMATION DE LA RESISTANCE EN COMPRESSION

- NF EN 13791/CN - Octobre 2021
 - Confirmation de la qualification visuelle des zones (saine, moyennement altérée, altérée)
 - Par rapport à la zone saine, perte de 16% pour la zone 2 et 6% pour la zone pour la zone 1
 - Différence de résistance entre les carottes C4' et C6 liée à l'écaillage davantage avancé dans la zone 1 : 20mm au niveau de C4' et 76 mm au niveau de C6
 - Résistances supérieures à celles exigées à 28 jours pour un béton de classe C35/40
 - Différence entre les résistances à la compression de C4-Ext et C4-Int confirme la profondeur limitée de l'altération du béton

2/ Analyse thermique de béton incendié : Expertise du Pont du Chêne-A31

FRAMONT-TERRASSE Lucie ; JOLY Laurent ; BENNOUNE Abdeljalil



Technique et matériel Utilisés

Analyse thermique :

C'est une méthode qui consiste à étudier les réactions chimiques dans un matériau lorsque celui-ci est soumis à une montée en température.

En fonction du paramètre suivis durant la rampe de température on a :

TMA/DMA : Analyse thermomécanique / mécanique dynamique

Mesure des propriétés mécaniques en fonction de la température.

ATG : Analyse Thermogravimétrique

Mesure les différences de masses en fonction de la température

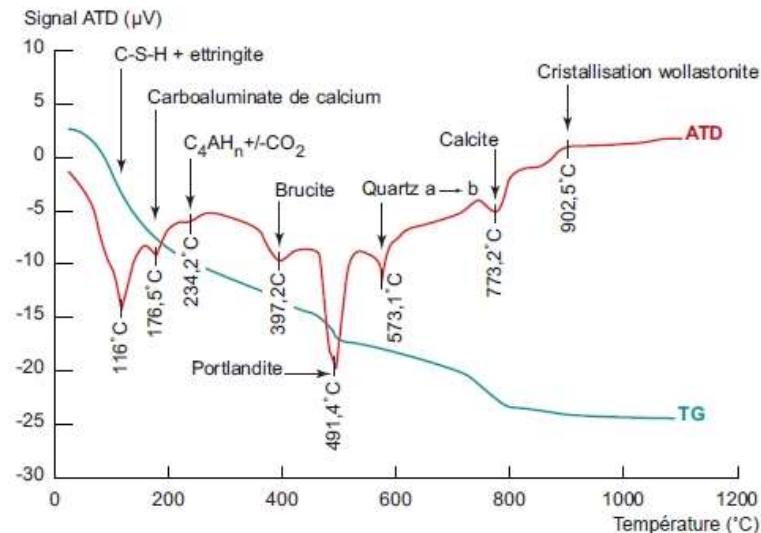
DSC : Calorimétrie Différentielle

Mesure du flux de chaleur



Principe des investigations

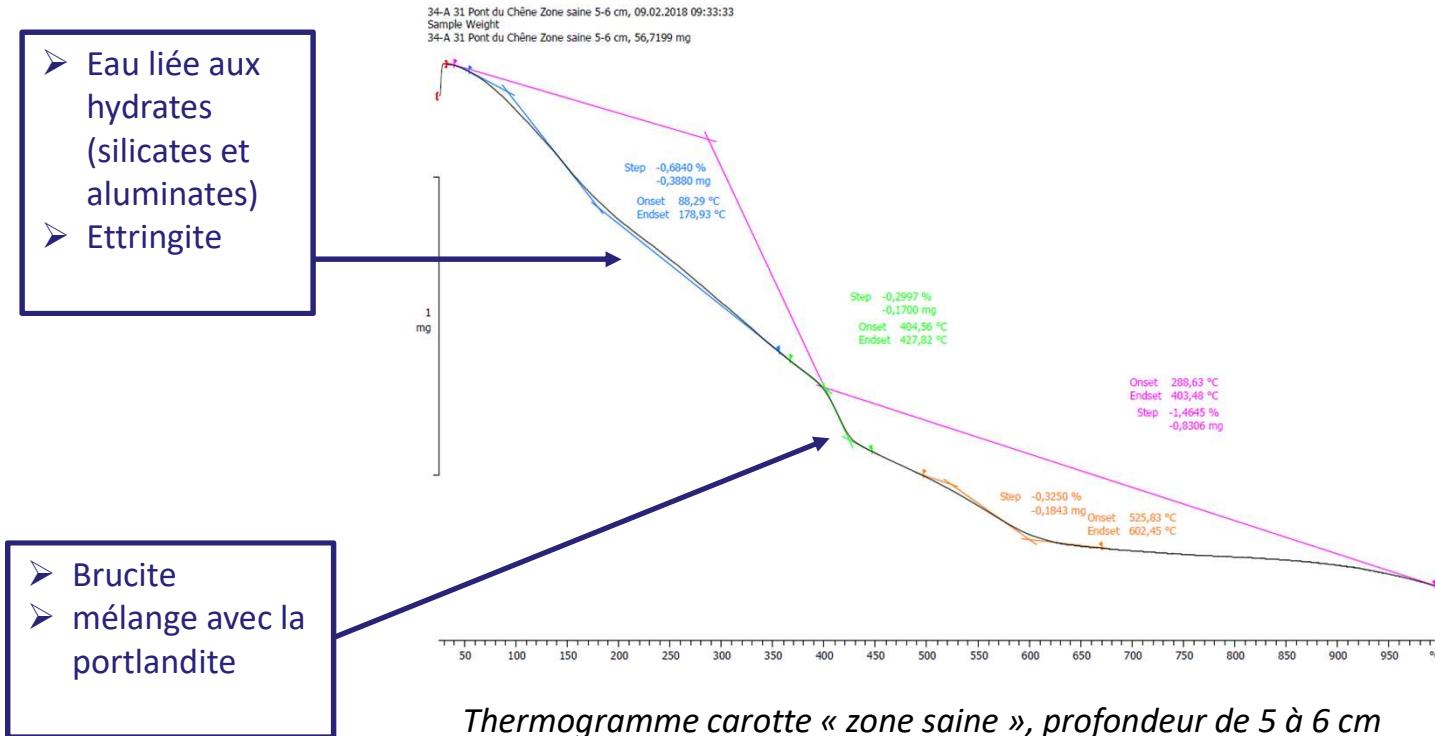
- Le principe est celui décrit dans la méthode LCPC 62.
- Les composants du béton présentent des décompositions ou des changement de forme en fonction de la température.
- 3 Carottes seront prélevées :
- Une en zone saine (comme référence),
- Une en zone milieu,
- Une en zone cœur,
- Chaque carotte est découpée en tranches de 1 cm d'épaisseur, chaque tranche est broyée puis subit une analyse thermique.
- Chaque perte de masse ayant disparue indique que le béton à dépassé cette température.



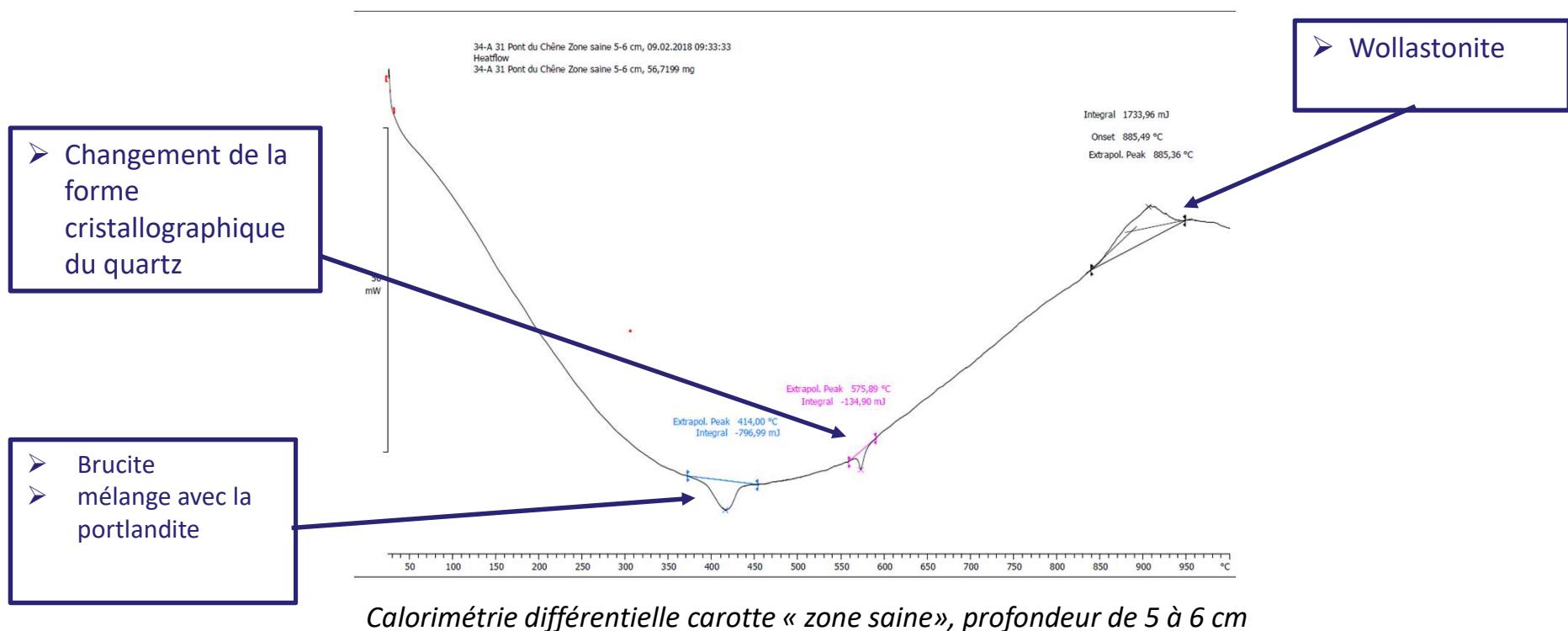
▲ Figure 55

Courbes ATG et ATD types obtenues avec un échantillon de béton.

Exemple de résultats obtenus : Thermogrammes



Exemple de résultats obtenus : Calorimétrie différentielle



CE QUE NOUS APPREND L'ANALYSE THERMIQUE

- **Zone « milieu »**

- A une profondeur de 0 à 1 cm, le béton a subi une température pouvant être comprise entre 700°C et 800°C mais pas au-delà des 870°C
- Observation d'une carbonatation causée par l'incendie
- Le béton sain se trouve à partir de 44 mm de profondeur mesuré par rapport à la surface initiale du mur

- **Zone « cœur »**

- Le béton prélevé a subi une température inférieure à 400°C.
- Les dégâts observés sont beaucoup plus importants dans cette zone
- Le béton sain se trouve à partir de 74 mm de profondeur mesuré par rapport à la surface initiale du mur



3/ Expertise des armatures

- État du parement après l'incendie



3/ Expertise des armatures

• Que risquent les armatures ?

⇒ Déformations



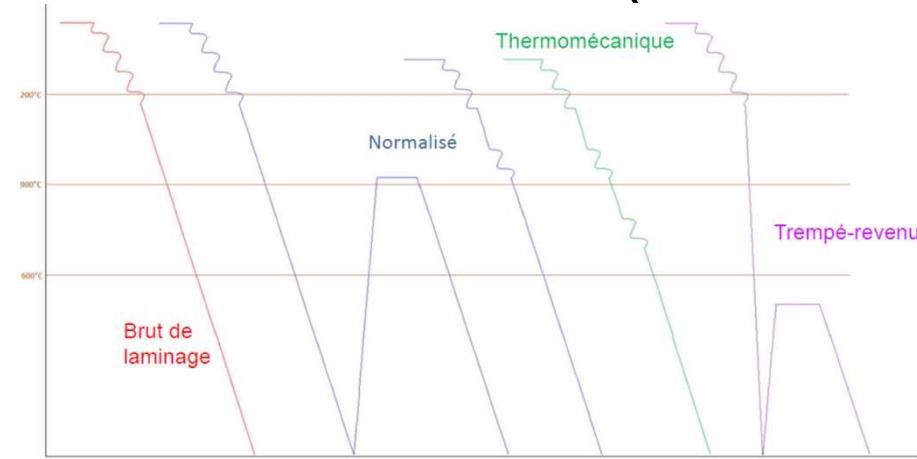
⇒ Diminution des caractéristiques mécaniques

Le risque de trempe est négligeable.

3/ Expertise des armatures

• Quel est la sensibilité d'une armature à l'incendie ?

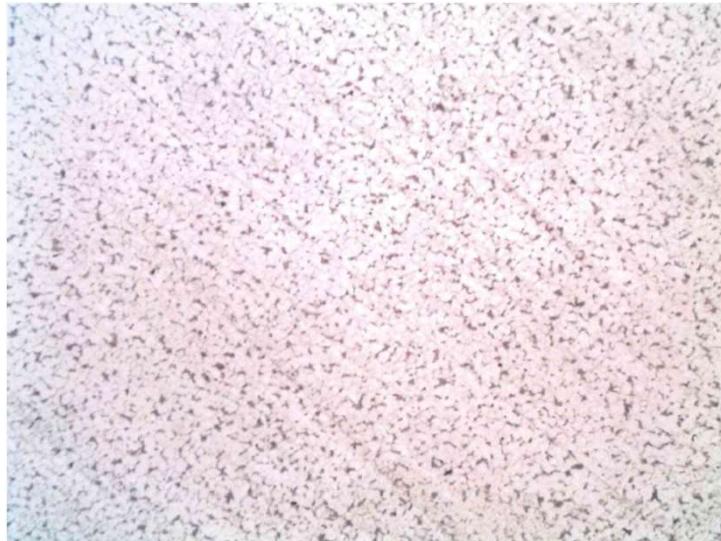
Cela dépend de sa fabrication (laminé, QT, TM...).



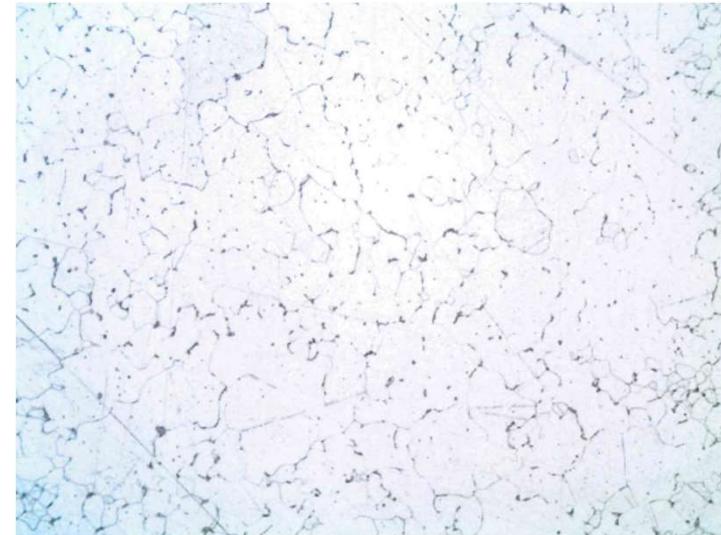
⇒ Plus l'élaboration est terminée à basse température, plus le risque est important

3/ Expertise des armatures

- Comment détecter des pertes de caractéristiques ?
 - examen au microscope de prélèvements



Acier sain



Acier dégradé

3/ Expertise des armatures

- essais de traction sur prélèvements

	Repères	Diamètre mm	Limite à rupture Rm, en MPa	Limite élastique Rp0,2, en MPa
Armatures au droit de l'incendie	1	12	355	204
	2	14	452	349
	3	8	363	233
Armature saine	4	8	538	453
Valeurs théoriques			> 485	> 420

⇒ Les armatures sont très atteintes dans la zone la plus écaillée, et par extension dans les autres zones incendiées.

4/ Conclusions

- État du mur

Caractérisation des profondeurs de béton sain avec concordance essais béton et chimie, altération des armatures

- Recommandations et suites

Élimination du béton altéré, recalcul, scellement d'armatures et béton projeté

- Une expertise collective 100 % Cerema Est

Association des compétences en calculs, béton, chimie et métal du Cerema Est

Merci de votre attention



Pour en savoir plus :

Chems ANWAR

Marjorie BOURQUENCIER

Lucie FRAMONT-TERRASSE

Laurent JOLY

Caroline MEYER

Prenom.nom@cerema.fr