

Examen des dégâts dus à l'incendie

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **60-61 (1992-1993)**

Heft 11

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146306>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN DU CIMENT

NOVEMBRE

60e ANNEE

NUMERO 11

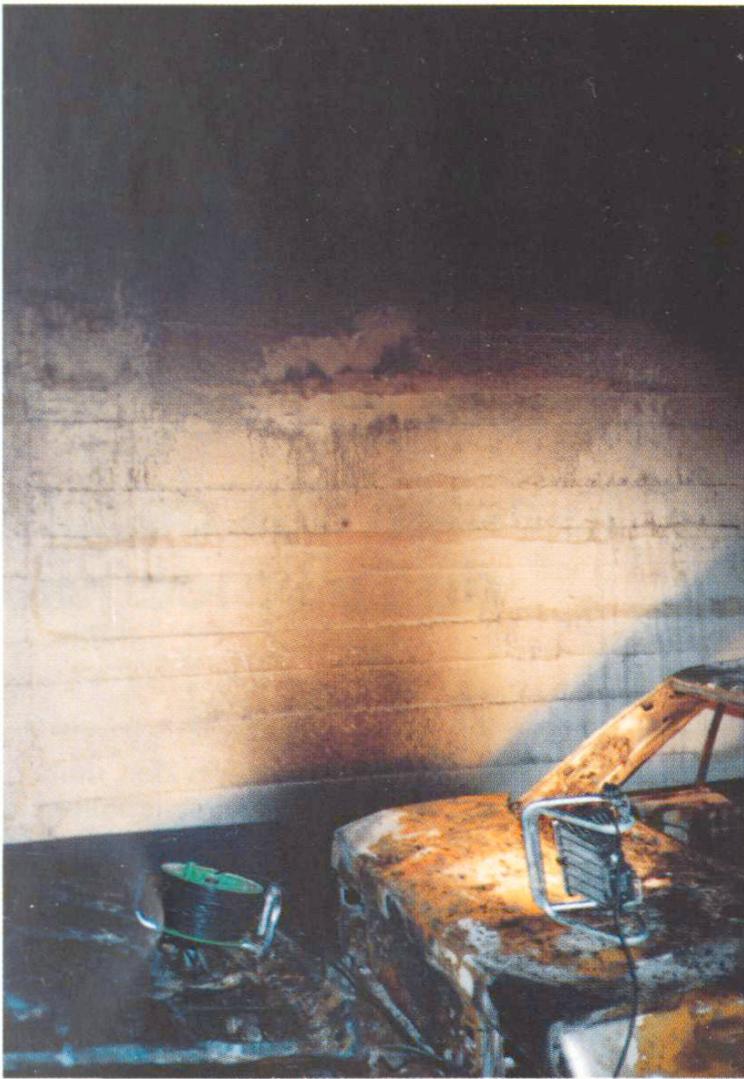
Examen des dégâts dus à l'incendie

Détermination des dégâts causés par l'incendie: constatation des dommages de visu et contrôles non destructifs, prélèvement d'échantillons ainsi qu'examens en laboratoire.

Le béton ne brûle pas, mais, en cas d'incendie, il subit des dommages dont l'importance varie en fonction de la charge thermique. Une vue d'ensemble du comportement au feu du béton et du béton armé a été donnée dans le dernier numéro du «Bulletin du ciment» [1]. Nous ne reviendrons sur les faits établis dans ledit numéro que si la compréhension de certaines mesures l'exige.

La remise en état des bâtiments en béton ou béton armé incendiés est en fait toujours possible. Le tout est de savoir s'il est judicieux de la faire, et cette question doit être étudiée très minutieusement au préalable. Il faut tenir compte non seulement des considérations d'ordre financier ou relatives à la construction, mais également de nombreux autres facteurs.

On décidera par exemple de remettre en état si, après l'incendie d'une usine, la production doit reprendre le plus rapidement possible dans la zone sinistrée. Des modifications des prescriptions sur la construction, qui rendent une nouvelle construction impossible ou difficile, peuvent également être un argument contre la démolition et pour la remise en état. Même techniquement possible, la remise en état d'une construction vieillotte est en revanche peu judicieuse, si une nouvelle construction répondrait mieux aux besoins actuels de l'entreprise concernée. Ce sont le plus souvent les raisons en faveur de la remise en état qui l'emportent.



Lorsque l'essence a brûlé dans la citerne: la zone de la paroi en béton fortement endommagée par le feu, qui a changé de couleur, est relativement petite.
(Photo: Geotest)

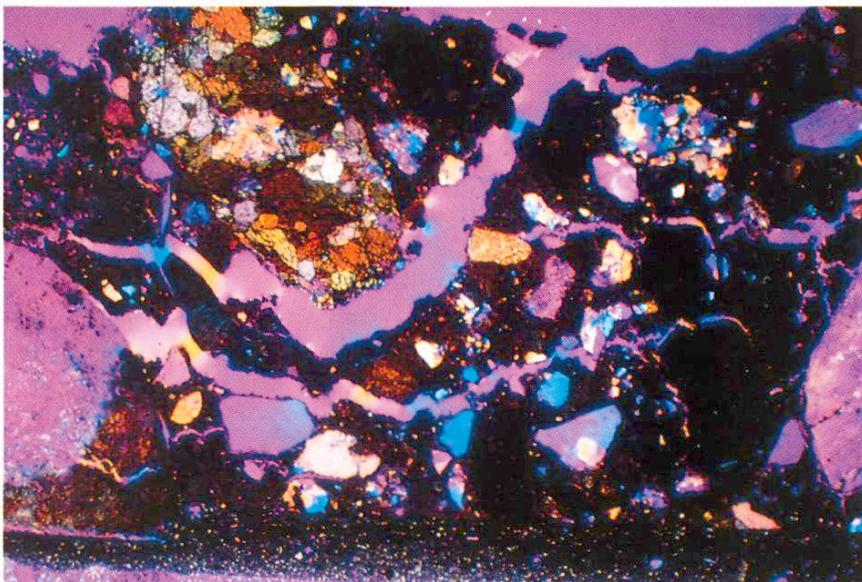
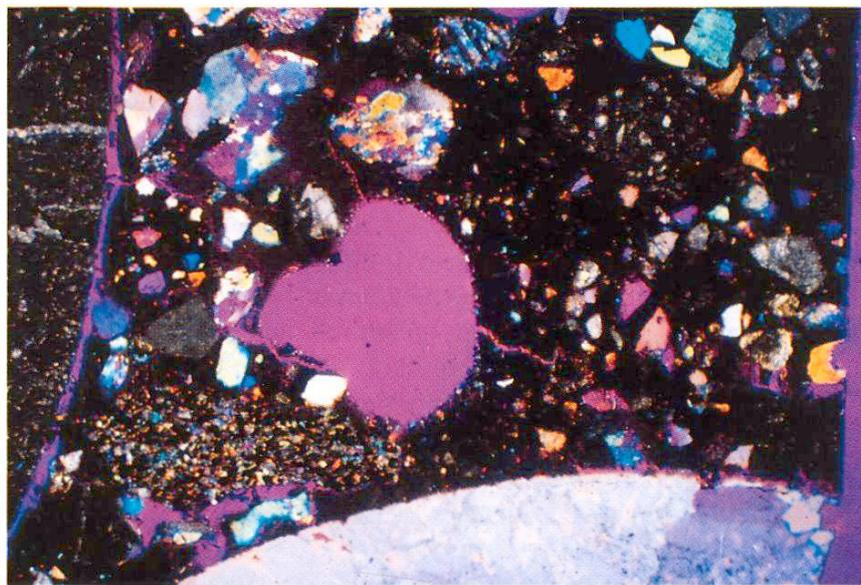
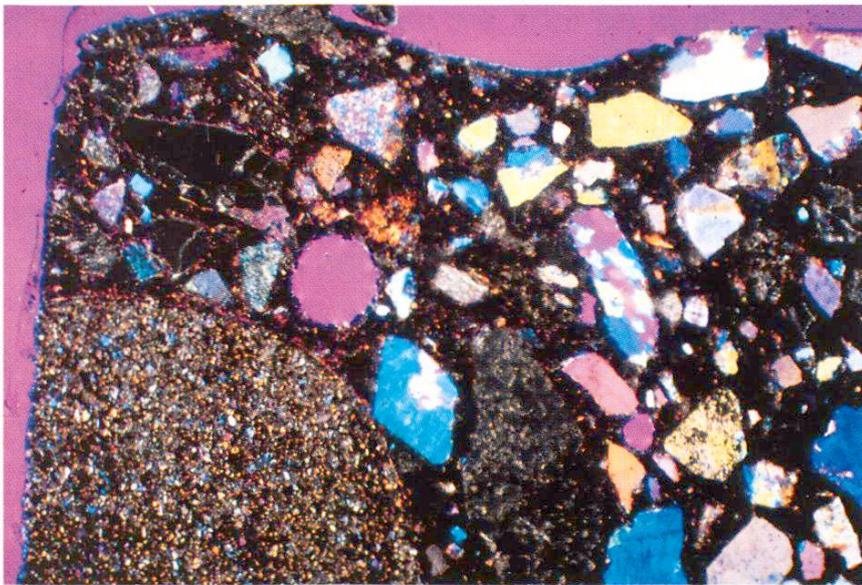
La remise en état d'un bâtiment incendié ne peut commencer que lorsque l'état après incendie a été établi avec le plus grand soin. L'expérience des spécialistes intervenant alors est d'une grande importance. L'expert désigné pour juger des dégâts causés par l'incendie devrait travailler en étroite collaboration avec un ingénieur responsable des questions de statique, et il faudrait en outre faire appel aussitôt que possible à l'entrepreneur prévu pour la remise en état.

Marche à suivre pour juger des dégâts causés par l'incendie

L'étendue de la destruction d'un ouvrage en béton ou béton armé après un incendie dépend des températures atteintes, du système statique des éléments de l'ouvrage, de la charge, des dimensions des sections de dalles, de poutres, de piliers, etc., ainsi que d'autres influences. Ces différents facteurs, certains cumulatifs, déterminent l'étendue des dommages subis par l'ouvrage. Les plus importants sont:

- pertes de résistance du béton (dislocation de la structure);

3



Influence de l'élévation des températures sur le béton: à 300 °C (en haut), pas de dégâts apparents; à 600 °C (au milieu), des fissures apparaissent dans la pâte de ciment durcie; à 980 °C, le béton est presque totalement détruit. (Coupe 3,7×5,4 mm; lumière polarisée et lame $\lambda.$)

(Photos: TFB, Vernier)

- 4 ● pertes de résistance de l'armature (en cas de béton armé);
● détérioration de l'adhérence acier/béton;
● déformation de la construction.

Le présent article a été rédigé après une discussion approfondie avec des spécialistes disposant d'une grande expérience pour juger des dégâts causés par l'incendie dans les bâtiments en béton, ou pour les réparer [2]. D'autres renseignements proviennent de la bibliographie [3–8].

Pour juger des dégâts causés par l'incendie, une démarche systématique, passant par les étapes ci-après, s'est révélée utile:

- constatation des dommages de visu et contrôles non destructifs;
- prélèvement d'échantillons;
- examens en laboratoire.

Constatation des dommages de visu

Lorsqu'il est probable qu'un bâtiment va être remis en état, les experts doivent procéder à une première inspection des lieux incendiés le plus rapidement possible, c'est-à-dire avant les travaux de déblaiement et de nettoyage. Ils doivent se faire une idée d'ensemble de la géométrie de ces lieux ainsi que de la nature, de la quantité et de la répartition des matériaux combustibles et également des conditions de ventilation (apport d'oxygène!). Les sapeurs-pompiers et les témoins de l'incendie peuvent donner de précieux renseignements sur sa durée et parfois même sur les températures atteintes.

L'état des matériaux non combustibles donne également des indications sur les températures maximales atteintes. Si par exemple des objets en aluminium ont fondu, la température maximale était de plus de 700 °C dans la zone concernée. De nombreux autres matériaux peuvent servir d'indicateurs pour déterminer les températures atteintes pendant l'incendie. Quelques-uns de ces matériaux figurent dans le *tableau 1*. Il faut en l'occurrence tenir compte du fait qu'à proximité d'un foyer d'incendie il peut y avoir des différences de température de quelques centaines de °C dans un rayon de 1 m seulement.

Le béton qui ne présente pas de dégâts en surface n'a généralement pas subi de pertes de résistance agissant en profondeur. Les fissures et éclatements signalent en revanche que les charges thermiques ont été excessives. Ils laissent supposer qu'il y a dislocation de la structure. Lorsque les éclatements sont de grandes dimensions, on peut évidemment constater directement les dégâts de l'armature.

Il faut toutefois se garder de tirer du degré de flèche des barres d'acier des conclusions allant trop loin en ce qui concerne les températures pendant l'incendie: les propriétés des produits de départ, le système statique de l'ouvrage et les sollicitations mécani-

5 <i>Plage de température</i>	<i>Indicateurs</i>
150 °C	Objets en <i>polyéthylène</i> ramollis ou fondus.
200–300 °C	Objets contenant de la <i>cellulose</i> (bois, papier) noircis.
200–300 °C	Objets en <i>plomb</i> fondus.
> 250 °C	Objets en <i>polystyrène</i> fondus.
> 300 °C	<i>PVC</i> (par exemple isolations de câbles) fondu.
300–400 °C	Surfaces en <i>acier</i> bleuies. (Le bleuissement disparaît à nouveau à de hautes températures.)
400 °C	Installations sanitaires en <i>zinc</i> fondues.
≥ 400 °C	Carreaux en pierre naturelle et marches en marbre calcinés et cassés.
> 400 °C	Réversion d' <i>hydroxyde de calcium</i> en oxyde de calcium formé thermiquement. (Décelé sous forme de poudre sur les éléments en béton.)
500–600 °C	Objets en <i>verre</i> (bouteilles, verres) ramollis.
> 700 °C	Objets en <i>aluminium</i> fondus.
850 °C	Objets en <i>verre</i> (bouteilles, verres) liquéfiés.
950 °C	Objets en <i>argent</i> fondus.
< 1000 °C	<i>Granulats</i> du béton (stables jusqu'à 1000 °C) non endommagés.
1000 °C	Objets en <i>bronze</i> fondus.
ca. 1000 °C	Réseau de fissures sur surface aérée du béton atteignant 2 cm de profondeur.
> 1000 °C	<i>Verre de silice</i> fondu.
1000–1100 °C	Objets en <i>cuivre</i> (câbles) fondus.
1100–1200 °C	Objets en <i>fonte de moulage</i> (radiateurs) fondus.
> 1200 °C	<i>Maçonnerie</i> frittée.

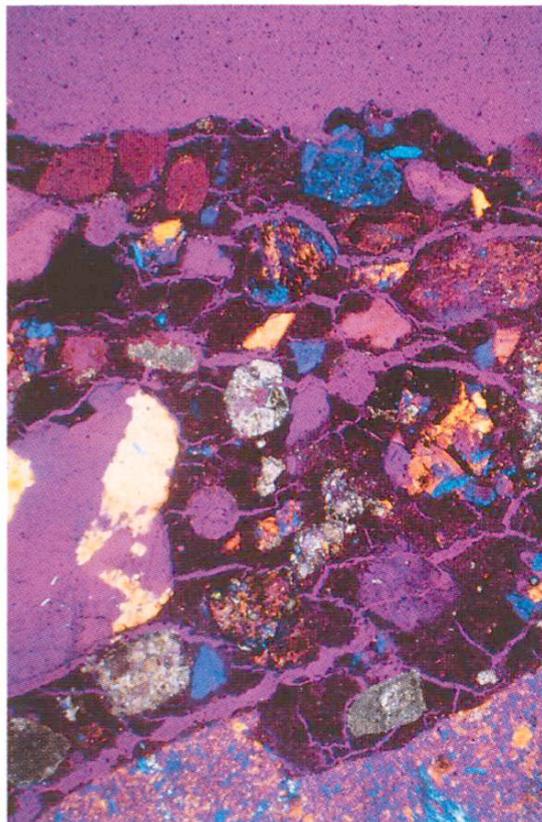
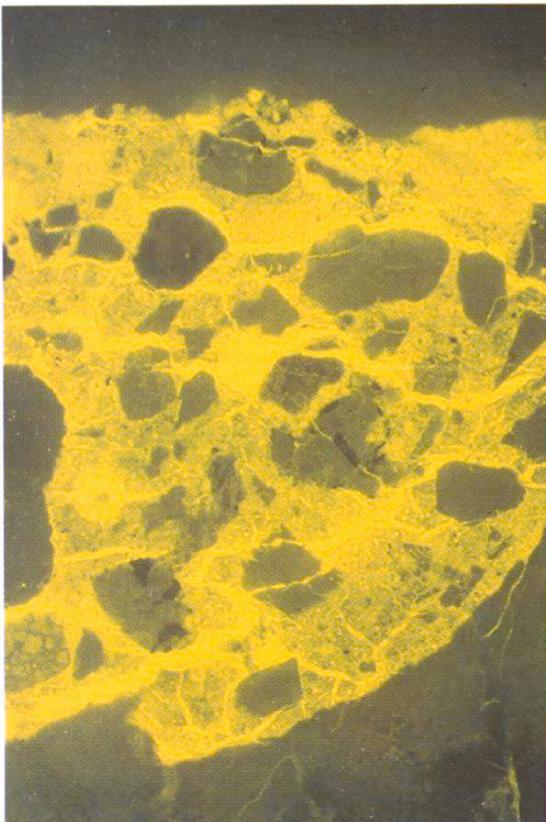
Tab. 1. Indications sur les températures minimales/maximales à l'endroit de découverte [5–8].

6 ques intervenant pendant l'incendie exercent une influence sur l'état de l'armature [5].

Des surfaces recouvertes de suie signalent une charge d'incendie relativement faible, car au-dessus de 800 °C, la suie se consume rapidement et ne laisse pas de traces. Il faut cependant tenir compte du fait que la suie a également pu n'apparaître que durant la phase de refroidissement. Des différences dans l'état des surfaces de béton permettent toutefois à l'expert de distinguer entre les deux pour estimer quelles ont été les températures pendant l'incendie [5].

Contrôles non destructifs

Le béton sans dégâts apparents, ou ne présentant que des éclatements minimes, n'a généralement pas subi de modifications ou seulement des modifications insignifiantes. On peut localiser les endroits défectueux du béton en le frappant avec un marteau: le son que rend le béton intact diffère du son sourd rendu par le béton endommagé. Au moyen de mesures comparatives effectuées en dehors de la zone incendiée, le *scléromètre Schmidt* [9] permet d'obtenir des indications qualitatives sur la gravité des dégâts, à la condition toutefois qu'il n'y ait pas d'éclatements et que la surface soit plane.



Examens microscopiques en coupes minces d'un échantillon de béton incendié: les températures élevées ont provoqué des fissures dans la pâte de ciment durcie, dans la zone de liaison granulats/pâte de ciment durcie et dans les granulats. (Coupe: 2,7×1,8 cm; à gauche, lumière fluorescente; à droite, lumière polarisée et lame λ .) (Photo: TFB)

7 Les *mesures par ultrasons* ont également fait leurs preuves pour des contrôles non destructifs, car les ondes ultrasonores sont très sensibles aux dislocations de structure (fissuration). La mesure porte sur le temps de passage d'une impulsion ultrasonique entre un générateur d'impulsions et un capteur opposé. Avec des appareils puissants on peut examiner aux ultrasons des éléments de construction de 60 à 70 cm d'épaisseur. Il est ainsi facile de contrôler l'état de piliers surtout, mais également de dalles, si elles sont accessibles de dessus et de dessous. Des corrélations avec la résistance à la compression du béton sont à vrai dire possibles, mais on ne les fait généralement pas.

Il peut aussi être nécessaire de localiser les fers d'armature, particulièrement en considération d'éventuels dégâts dus aux chlorures. Si les plans voulus font défaut, les fers sont localisés à l'aide d'un détecteur magnétique.

Prélèvement d'échantillons

Lorsque des zones éventuellement endommagées ont été repérées au moyen des constatations de visu et des contrôles non destructifs, des carottes sont prélevées. On peut les utiliser pour identifier les dislocations de structure et pour déterminer la qualité du béton (résistance).

Les examens microscopiques en coupes minces (voir *illustrations*) permettant de déceler des dégâts dans la structure du béton (fissures, dislocations) sont cependant plus importants. La couleur du béton donne également des indications sur la charge thermique: la zone rose-rouge a été exposée à des températures de 300 à 600 °C. Cette méthode n'est toutefois pas fiable, car ces changements de couleur ne se produisent pas toujours.

Si de grandes quantités de PVC ont brûlé, ce qui est presque toujours le cas lorsque les incendies ravagent l'intérieur des bâtiments, il faut s'attendre à ce que le béton soit attaqué par les chlorures [10]. Il faut prendre en considération que les plus grandes concentrations de chlorures apparaissent souvent dans une zone non incendiée. Ce n'est qu'en laboratoire que les concentrations de chlorures à la surface et à l'intérieur du béton peuvent être déterminées fiablement.

Les échantillons nécessaires sont obtenus soit en grattant la surface, soit en tamponnant une surface de 10×10 cm avec un morceau de ouate trempé dans de l'acide nitrique dilué. On peut établir un profil de profondeur de la charge en chlorures en se servant d'échantillons pris dans les carottes éventuellement prélevées.

- 8 La combinaison des résultats de tous les contrôles, ajoutée à l'estimation de l'ingénieur (statique!), renseigne sur les endroits où l'incendie a causé des dégâts qui ne peuvent pas être réparés par un simple nettoyage. Elle permet également au propriétaire du bâtiment de décider entre remise en état et nouvelle construction et sert en même temps de base pour la soumission des travaux de remise en état.

Kurt Hermann

Bibliographie

- [1] *Hermann, K.*, «Comportement au feu du béton», Bulletin du ciment **60** [10] (1992).
- [2] Je remercie de leur aide Messieurs *Ernst Büchi*, Geotest, Zollikofen, *Roger Heinz*, Geotest, St-Gall, et *Edy Gnehm*, Greuter AG, Hochfelden.
- [3] *Ruffert, G.*, «Brandschäden an Stahlbetonkonstruktionen», Deutsche Bauzeitschrift **39** [11], 1659–1668 (1991).
- [4] «Assessment of fire-damaged concrete structure and repair by gunite», Concrete Society Technical Report No. **15**, May 1978.
- [5] *Haksever, A.*, et *Krampf, L.*, «Möglichkeiten, nachträglich die in einem Betonbauteil während eines Schadenfeuers aufgetretenen Temperaturen abzuschätzen», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, numéro **352**, 35–65 (1984).
- [6] *Schneider, U.*, «Brandschäden an Stahlbetonbauwerken», documentation pour le colloque organisé par Haus der Technik eV, Essen, sur le thème «Reparaturfähigkeit von Stahlbetonbauteilen nach einem Brand», le 5 mai 1988.
- [7] *Nene, R.L.*, et *Kavle, P.S.*, «Rehabilitation of a Fire Damaged Structure», dans *Malhotra, V.H.* (Ed.), «Evaluation and Rehabilitation of Concrete Structures and Innovations in Design», Proceedings ACI International Conference Hong Kong, 1991, American Concrete Institute, Detroit (Mi.), SP-128, volume II, pages 1195–1211 (1992).
- [8] «Fire design of concrete structures», Bulletin d'information no **208** du Comité Euro-International du Béton (1991).
- [9] *Trüb, U.A.*, «Le scléromètre pour les contrôles de la qualité du béton», Bulletin du ciment **53** [16] (1985).
- [10] *Bernhard, H.*, «Erkennen, Bewerten und Beseitigen der durch Brandgase an Bauteilen entstehenden Korrosionsschäden» documentation pour le colloque organisé par Haus der Technik eV, Essen, sur le thème «Reparaturfähigkeit von Stahlbetonbauteilen nach einem Brand», le 5 mai 1988.

Traduction française: Liliane Béguin

Correction

Le «Bulletin du ciment» no 7 de cette année contient malheureusement une inexactitude. A la page 6, 2e alinéa, il faut lire: ... ainsi qu'en kg/m^3 . On considère 7 pour cent en poids (170 kg/m^3) comme le dosage maximal [5]. Une des raisons essentielles ...

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
Case postale
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Téléphone 064 57 72 72
Téléfax 064 53 16 27