

Alcali-réaction dans les structures en béton

Mécanisme, pathologie et prévention

par **Bruno GODART**

Directeur Technique Ouvrages d'Art au Laboratoire central des ponts et chaussées

et **André LE ROUX**

Directeur de recherche émérite LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Bibliographie

Références

- [1] LESAGE (R.) et SIERRA (R.). – *Le point sur les réactions alcalis-granulats dans les bétons hydrauliques*. Bulletin de liaison des LPC, n° 90, p. 103-105, juil.-août 1977.
- [2] *Alcali-réaction dans les barrages en béton. Aperçu général et recommandations*. Bulletin 79 de la Commission Internationale des Grands Barrages (1991).
- [3] *Circulaire n° 88-94 relative aux désordres constatés sur des ouvrages d'art en béton*. Direction des Routes. Ministère de l'Équipement et du Logement, 9 nov. 1988.
- [4] DRON (R.) et BRIVOT (F.). – *Thermodynamic and kinetic approach to the alkali-silica reaction. Part 1 : Concepts, Cement and Concrete research*, vol. 22, n° 5, p. 941-948 (1992). – *Part 2 : Experiment, Cement and Concrete research*, vol. 23, n° 1, p. 93-103, janv. 1993.
- [5] POOLE (A.B.). – *Alkali-silica reactivity mechanisms of gel formation and expansion*. 9th International Conference on AAR. Londres, UK, p. 782-787, 27-31 juil. 1992.
- [6] DENT GLASER (L.S.) et KATAOKA (N.). – *The chemistry of alkali-aggregate reaction*. Paper S 252/23, 5^e Conférence Internationale sur l'alcali-réaction, Cape Town (1981).
- [7] PREZZI (M.), MONTEIRO (J.M.) et SPOSITO (G.). – *The alkali-silica reaction, Part 1 : Use of the double-layer theory to explain the behaviour of reaction-products gels*. ACI Materials Journal, Technical Paper, 94M2, janv.-fév. 1997.
- [8] DRON (R.), BRIVOT (F.) et CHAUSADENT (T.). – *Mécanisme de la réaction alcali-silice*. Bulletin des LPC, n° 214, réf 4175, p. 61-68, mars-avr. 1998.
- [9] JONES (T.N.). – *A new interpretation of alkali-silica reaction and expansion mechanism in concrete*. Chemistry and Industry, p. 40-44 (1988).
- [10] COUTY. – *Réflexion sur la réaction alcali-silice*. Colloque METL-DRAST sur l'alcali-réaction ESPCI, Paris, 21 oct. 1999.
- [11] LARIVE (C.). – *Apports combinés de l'expérimentation et de la modélisation à la compréhension de l'alcali-réaction et de ses effets mécaniques*. Études et recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées, OA28, LCPC, 402 p., déc. 1998.
- [12] MULTON (S.). – *Évaluation expérimentale et théorique des effets mécaniques de l'alcali-réaction sur les structures modèles*. Études et Recherches des LPC, série Ouvrages d'Art, OA 46, LCPC, 424 p., oct. 2004.
- [13] LE ROUX (A.), MASSIEU (E.) et GODART (B.). – *Evolution under stress of a concrete affected by AAR. Application to the feasibility of strengthening a bridge by prestressing*. The 9th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete. Londres, p. 599-606, 27-31 juil. 1992.
- [14] MULTON (S.) et TOUTLEMONDE (F.). – *Water distribution in concrete beams*. Materials and Structures, vol. 37, n° 270, p. 378-386, juil. 2004.
- [15] MULTON (S.), SEIGNOL (J.F.) et TOUTLEMONDE (F.). – *Structural behaviour of concrete beams affected by Alkali-Silica Reaction*. ACI Materials Journal, vol. 102, n° 2, p. 67-76, mars-avr. 2005.
- [16] LCPC. – *Manuel d'identification des réactions de dégradation interne du béton dans les ouvrages d'art*, 44 p., fév. 1999.
- [17] LCPC. – *Aide à la gestion des ouvrages atteints de réactions de gonflement interne*. Guide méthodologique, Paris, nov. 2003.
- [18] LCPC. – *Essai de mise en évidence du gel d'alcali-réaction par fluorescence des ions uranyle*. Techniques et méthodes des laboratoires des Ponts et Chaussées. Projet de méthode d'essai n° 36, janv. 1993.
- [19] LOUARN (N.) et LARIVE (C.). – *Alcali-réaction et réaction sulfatique : synthèse des études microscopiques d'expertises de ponts dégradés*. Bulletin des LPC n° 184, p. 57-69, mars-avr. 1993.
- [20] LE ROUX (A.), THIEBAUT (J.), GUEDON (J.S.) et WACKENHEIM (C.). – *Pérogaphie appliquée à l'alcali-réaction*. Études et Recherches des LPC, série Ouvrages d'Art, OA 26, LCPC (1999).
- [21] DELOYE (F.X.) et DIVET (L.). – *The Alkali-Silica Reaction : Quantitative consideration*. 9^e Conférence Internationale sur l'alcali-réaction, Londres, 27-31 juil. 1992.
- [22] SALOMON (M.) et PANETIER (J.L.). – *Quantification du degré d'avancement de l'alcali-réaction dans les bétons et de la néofissuration associée*. Third Canmet/ACI international Conference on durability of concrete, Nice, France, Supplementary papers, p. 383-402 (1994).
- [23] LCPC. – *Détermination de l'indice de fissuration d'un parement en béton*. Projet de méthode d'essai LPC n° 47, Paris, oct. 1997.
- [24] LCPC. – *Alcali-réaction du béton – Essai d'expansion résiduelle sur béton durci*. Projet de méthode d'essai LPC n° 44, Paris (1997).
- [25] MULTON (S.), BARIN (F.X.), GODART (B.) et TOUTLEMONDE (F.). – *Estimation of the residual expansion of concrete affected by alkali-silica reaction*. Accepted in Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE (2007).
- [26] LI (K.), COUSSY (O.) et LARIVE (C.). – *Modélisation chimico-mécanique du comportement des bétons affectés par la réaction d'alcali-silice*. Expertise numérique des ouvrages d'art dégradés. Études et recherches des Laboratoires des Ponts et Chaussées, OA 43, LCPC, 202 p., avr. 2004.
- [27] ULM (F.J.), COUSSY (O.), LI (K.) et LARIVE (C.). – *Thermo-chemo-mechanics of ASR-expansion in concrete structures*. Journal of Engineering Mechanics, ASCE, vol. 126 (3), p. 233-242 (2000).
- [28] *Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction*. Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme. Éd. LCPC, juin 1994.
- [29] *Granulats pour bétons hydrauliques. Guide pour l'élaboration du dossier carrière*. (Document annexe aux recommandations), UNPG – LCPC, juin 1994.

- [30] LCPC. – *Essai de granulats. Détermination des alcalins solubles dans l'eau de chaux*. Techniques et méthodes des laboratoires des Ponts et Chaussées. Projet de méthode d'essai n° 37, 13 p., fév. 1993.
- [31] BAROGHEL-BOUNY (V.) et al. – *Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages. Maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction ; État de l'art et Guide pour la mise en œuvre d'une approche performante et prédictive sur la base d'indicateurs de durabilité*. Association Française de Génie Civil, 252 p., juil. 2004.

Dans les Techniques de l'Ingénieur

- [32] BAROGHEL-BOUNY (V.). – *Nouvelle approche de la durabilité du béton. Indicateurs et méthodes*. **Techniques de l'Ingénieur** [C 2 245].
- [33] BAROGHEL-BOUNY (V.). – *Nouvelle approche de la durabilité du béton. Méthodologie et exemples*. **Techniques de l'Ingénieur** [C 2 246].

Autres ouvrages

- SETRA. – *Prévention des désordres dus à l'alcali-réaction – Guide pour la rédaction des pièces écrites des marchés*. 64 p., juin 1996.
- GODART (B.), FASSEU (P.) et MICHEL (M.). – *Diagnosis and monitoring of concrete bridges damaged by AAR in northern France*. 9th International Conference on AAR in Concrete – Londres, UK – p. 368-375, 27-31 juil. 1992.
- DIVET (L.). – *Évolution de la composition des ciments Portland artificiels de 1964 à 1989. Exemple d'utilisation de la banque de données du LCPC sur les ciments*. Bulletin de liaison Labo. P. et Ch., 176, nov.-déc. 1991.

DIAMOND (S.). – *Another look at mechanisms*. 8th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction. Kyoto, p. 83-94 (1989).

DRON (R.), NONAT (A.) et BRIVOT (F.). – *Mécanisme de la réaction alcali-silice*. Journées des Sciences de l'Ingénieur JSI 94 des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Presqu'île de Giens, tome II, p. 225-233, 4-7 oct. 1994.

HORNAIN H. et BOURNAZEL (J.-P.). – *Réaction alcali-silice : point sur les mécanismes de gonflement*. Colloque METL-DRAST sur l'alcali-réaction ESPCI, Paris, 21 oct. 1999.

The Institution of Structural Engineers. – *Structural effects of alkali-silica reaction – Technical guidance on the appraisal of existing structures*, juil. 1992.

WOOD (J.). – *Désordres provoqués par la réaction alcalis-granulats dans les ouvrages en béton armé*. Annales de l'ITBTP n° 469, nov. 1988.

LOUARN (N.) et LARIVE (C.). – *Quantification de l'alcali-réaction par analyse minéralogique. Résultats et conséquences*. Bulletin des LPC n° 216, p. 49-60, juil.-août 1998.

GUEDON (J.S.) et MARTINEAU (F.). – *Mise en évidence du gel d'alcali-réaction par fluorescence dans un béton âgé de un an*. Bulletin de liaison des LPC n° 175, p. 100-102, sept.-oct. 1991.

GODART (B.). – *Progression dans les connaissances sur les phénomènes d'alcalis-réactions. Évaluation et surveillance des ouvrages*. Annales de l'ITBTP n° 517, p. 134-162, oct. 1993.

WOOD (J.G.M.) et JOHNSON (R.A.). – *The appraisal and maintenance of structures with alkali-silica reaction*. The Structural Engineer, vol. 71, n° 2, 19 janv. 1993.

British Cement Association. – *The Diagnosis of alkali-silica reaction. Report of a working party*. Second edition (1992).

DELOYE (F.X.) et DIVET (L.). – *Les alcalins actifs dans les bétons français : bilan de quinze*

années d'expertise. Third Canmet/ACI international Conference on durability of Concrete, Nice, France, Supplementary papers, p. 673-686 (1994).

La durabilité des bétons. Collection de l'Association Technique de l'Industrie des Liantes Hydrauliques sous la direction de J. BARON et J.P. OLLIVIER. Presses de l'ENPC (1992).

CLARK (L.A.). – *Modeling the structural effects of alkali-aggregate reaction on reinforced concrete*. ACI Materials Journal, vol. 88, p. 271-277 (1991).

INOUE (S.), FUJI (M.), KOBAYASHI (K.) et NAKANO (K.). – *Structural behaviors of reinforced beams affected by ASR*. Proc. 8th Int. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction, Kyoto, Japan, p. 727-732 (1989).

LE ROUX (A.), MASSIEU (E.) et GODART (B.). – *Evolution under stress of a concrete affected by AAR – application to the feasibility of strengthening a bridge by prestressing*. Proc. of the 9th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in concrete, London, p. 599-606, 27-31 juil. 1992.

PLEAU (R.), BÉRUBÉ (M.A.), PIGEON (M.), FOURNIER (B.) et RAPHAEL (S.). – *Mechanical behavior of concrete affected by ASR*. Proc. 8th Int. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction, Kyoto, Japan, p. 721-726 (1989).

Thèses

DOUAY (F.). – *Les inhibiteurs de l'alcali-réaction et de l'attaque sulfatique dans les mortiers et bétons durcis*. École normale supérieure de Lyon (2000).

OUALI (A.). – *Étude expérimentale du lessivage des alcalins et du silicium extractibles des granulats naturels apport au problème de l'alcali-réaction dans les bétons*. Paris 6 (1997).

Normes

NF EN 197-1	02-01	Ciments – Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité de ciments courants.	FD P18-542	02-04	Granulats – Critères de qualification des granulats naturels pour béton hydraulique vis-à-vis de l'alcali-réaction.
NF EN 206-1	04-04	Béton – Partie 1 : spécification, performances, production et conformité.	NF P18-454	12-04	Béton – Réactivité d'une formule de béton vis-à-vis de l'alcali-réaction – Essai de performance.
XP P18-594	02-04	Granulats – Méthodes d'essai de réactivité aux alcalis (norme expérimentale)	FD P18-456		Béton – Réactivité d'une formule de béton vis-à-vis de l'alcali-réaction – Critères d'interprétation des résultats de l'essai de performance.

Sites Internet

<http://www.lcpc.fr>