

Nouvelle approche de la durabilité du béton

par **Véronique BAROGHEL-BOUNY**

Docteur de l'École nationale des Ponts et Chaussées
Ingénieur divisionnaire des Travaux Publics de l'État
Chef de la Section « Microstructure et durabilité des bétons »
au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)

Références bibliographiques

- [1] ABBAS (A.), CARCASSES (M.) et OLLIVIER (J.P.). – *Gas permeability of concrete in relation to its degree of saturation*. Materials and structures, vol. 32, pp 3-8 (1999).
- [2] *Bétons fibrés à ultra-hautes performances - Recommandations provisoires*. Documents Scientifiques et Techniques de l'Association Française de Génie Civil, AFGC, Bagneux, 152 p., janv. 2002.
- [3] *Méthodes recommandées pour la mesure des grandeurs associées à la durabilité*. Compte-rendu des Journées Techniques AFPC-AFREM « Durabilité des Bétons », Toulouse, France (LMDC, Toulouse, 1998), 11-12 déc. 1997.
- [4] ALONSO (C.), ANDRADE (C.), CASTELLOTE (M.) et CASTRO (P.). – *Chloride threshold values to depassivate reinforcing bars embedded in a standardized OPC mortar*. Cement and concrete research, vol. 30, pp 1047-1055 (2000).
- [5] ANDRADE (C.) et SANJUAN (M.A.). – *Experimental procedure for the calculation of chloride diffusion coefficients in concrete from migration tests*. Advances in cement research, vol. 6, n° 23, pp 127-134 (1994).
- [6] ANDRADE (C.), CASTELLOTE (M.), ALONSO (C.) et GONZALEZ (C.). – *Non-steady-state chloride diffusion coefficients obtained from migration and natural diffusion tests. Part I : Comparison between several methods of calculation*. Materials and structures, vol. 33, pp 21-28, janv.-fév. 2000.
- [7] ANDRADE (C.), ALONSO (C.), ARTEAGA (A.) et TANNER (P.). – *Methodology based on the electrical resistivity for the calculation of reinforcement service life*. L'industria italiana del cemento, n° 764, pp 330-339, avr. 2001.
- [8] BAKKER (R.F.M.). – *Model to calculate the rate of carbonation in concrete under different climatic conditions*. Rapport du CEMIJ bv Laboratorium, Pays-Bas, 16 p. (1994).
- [9] BAROGHEL-BOUNY (V.). – *Caractérisation des pâtes de ciment et des bétons*. Méthodes, Analyse, Interprétations (LCPC Publ., Paris), 468 p. (1994).
- [10] BAROGHEL-BOUNY (V.), AMMOUCHE (A.), HORNAIN (H.) et GAWSEWITCH (J.). – *Vieillessement des bétons en milieu naturel : une expérimentation pour le XXI^e siècle. II - Caractérisation microstructurale sur éprouvettes de bétons de résistance 25 à 120 MPa*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 228, pp 71-86, sept.-oct. 2000.
- [11] BAROGHEL-BOUNY (V.), AMMOUCHE (A.) et HORNAIN (H.). – *Matrices cimentaires : analyse de la microstructure et propriétés de transfert*, dans « Transferts dans les bétons et durabilité », Numéro double spécial de la Revue Française de Génie Civil (Ed. by V. Baroghel-Bouny, Hermès Science Publications, Paris), vol. 5, n° 2-3, pp 149-177 (2001).
- [12] BAROGHEL-BOUNY (V.), BELIN (P.), CASTELLOTE (M.), RAFAÏ (N.), ROUGEAU (P.) et YSSORCHE-CUBAYNES (M.P.). – *Which toolkit for durability evaluation as regards chloride ingress into concrete ? Part I : Comparison between various methods for assessing the chloride diffusion coefficient of concrete in saturated conditions*, in Proceedings of the 3rd RILEM Workshop « Testing and modelling chloride ingress into concrete », Madrid, Spain (Ed. by C. Andrade and J. Kropp, RILEM, Cachan, 2002), 9-10 sept. 2002.
- [13] BAROGHEL-BOUNY (V.), ARNAUD (S.), HENRY (D.), CARCASSES (M.) et QUÉNARD (D.). – *Vieillessement des bétons en milieu naturel : une expérimentation pour le XXI^e siècle. III - Propriétés de durabilité des bétons mesurées sur éprouvettes conservées en laboratoire*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 241, pp 13-59, nov.-déc. 2002.
- [14] BAROGHEL-BOUNY (V.), CHAUSSADENT (T.), CROQUETTE (G.), DIVET (L.), GAWSEWITCH (J.), GODIN (J.), HENRY (D.), PLATRET (G.) et VILLAIN (G.). – *Caractéristiques microstructurales et propriétés relatives à la durabilité des bétons - Méthodes de mesure et d'essais de laboratoire - Méthodes d'essai n° 58*. Techniques et Méthodes des LPC, LCPC, 88 p., fév. 2002.
- [15] BAROGHEL-BOUNY (V.). – *Which toolkit for durability evaluation as regards chloride ingress into concrete ? Part II : Development of a performance approach based on durability indicators and monitoring parameters*, in Proceedings of the 3rd RILEM Workshop « Testing and modelling chloride ingress into concrete », Madrid, Spain (Ed. by C. Andrade and J. Kropp, RILEM Publ., Cachan, 2002), 9-10 sept. 2002.
- [16] 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*. Documents Scientifiques et Techniques de l'Association Française de Génie Civil, AFGC, Bagneux, 252 p., juil. 2004.
- [17] BAROGHEL-BOUNY (V.), MOUNANGA (P.), LOUKILI (A.) et KHELIDJ (A.). – *From chemical and microstructural evolution of cement pastes to the development of autogenous deformations*, in Proceedings of the ACI Fall 2002 Convention, Session « Autogenous deformation of concrete », oct. 27 - nov. 1, 2002, Phoenix, Arizona, USA, SP-220 (Ed. by O.M. Jensen, D.P. Bentz and P. Lura, ACI, 2004), pp 1-21, mars 2004.
- [18] BAROGHEL-BOUNY (V.), GAWSEWITCH (J.), BELIN (P.), OUNOUGHI (K.), ARNAUD (S.), OLIVIER (G.) et BISSONNETTE (B.). – *Vieillessement des bétons en milieu naturel : une expérimentation pour le XXI^e siècle. IV - Résultats issus des prélèvements effectués sur les corps d'épreuve de différents sites aux premières échéances de mesure*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 249, pp 49-100, mars-avr. 2004.
- [19] BAROGHEL-BOUNY (V.). – *Les spécificités des bétons à hautes performances - Caractéristiques microstructurales et propriétés relatives à la durabilité évaluées en conditions de laboratoire ou en conditions naturelles*. Études et Recherches des LPC, Série Ouvrages d'art. OA 44 (LCPC, Paris), 76 p, sept. 2004.

- [20] BARY (B.) et SELLIER (A.). – *Coupled moisture – carbon dioxide – calcium transfer model for carbonation of concrete*, in Proceedings of EUROCC-2003 « Computational Modelling of Concrete Structures », Austria, pp 381-390, 17-20 mars 2003.
- [21] BIGAS (J.P.), LAMBERT (F.) et OLLIVIER (J.P.). – *Modélisation globale des interactions physico-chimiques régies par des isothermes non linéaires entre ions chlorure et mortier de ciment Portland*. Materials and structures, vol. 29, pp 277-285 (1996).
- [22] CAPRA (B.) et SELLIER (A.). – *Modélisation multi-échelles des réactions alcali-granulats*. Actes de la Journée Scientifique AFGC-DRAST sur l'alcali-réaction, ESPCI, Paris, France, 21 oct. 1999.
- [23] CASTELLOTE (M.), ANDRADE (C.) et ALONSO (C.). – *Changes in the chloride binding ability of concrete submitted to non-steady-state migration experiments in comparison with natural diffusion*, in Proceedings of the 2nd International RILEM Workshop « Testing and Modelling Chloride Ingress into Concrete », Paris, France (Ed. by C. Andrade and J. Kropp, RILEM Publ., Cachan, 2000), pp 13-22, 11-12 sept. 2000.
- [24] CASTELLOTE (M.), ANDRADE (C.) et ALONSO (C.). – *Measurement of the steady and non-steady state chloride diffusion coefficients in a migration test by means of monitoring the conductivity in the anolyte chamber. Comparison with natural diffusion tests*. Cement and concrete research, vol. 31, n° 10, pp 1411-1420 (2001).
- [25] CASTELLOTE (M.), ANDRADE (C.) et ALONSO (C.). – *Standardization, to a reference of 25° C, of the electrical resistivity values measured at any temperature for mortars and concrete in saturated conditions*. ACI materials journal, pp 119-128, mars-avr. 2002.
- [26] COLLEPARDI (M.). – *Quick method to determine free and bound chlorides in concrete*, in Proceedings of the 1st International RILEM Workshop « Chloride penetration into concrete », Saint-Rémy-lès-Chevreuse, France (Ed. by L.O. Nilsson and J.P. Ollivier, RILEM Publ., Cachan, 1997), pp 10-16, 15-18 oct. 1995.
- [27] COUSSY (O.), BAROGHEL-BOUNY (V.), DANGLA (P.) et MAINGUY (M.). – *Évaluation de la perméabilité à l'eau liquide des bétons à partir de leur perte de masse durant le séchage*, dans « Transferts dans les bétons et durabilité ». Numéro double spécial de la Revue Française de Génie Civil, (Ed. by V. Baroghel-Bouny, Hermès Science Publications, Paris), vol. 5, n° 2-3, pp 269-284 (2001).
- [28] COUSSY (O.) et EYMARD (R.). – *Non-linear binding and the diffusion-migration test*. Transport in porous media, vol. 53, pp 51-74 (2003).
- [29] DAIAN (J.F.) et MADJOUD (N.). – *Diffusion de sels dans les matériaux humides. Analyse des processus couplés et étude expérimentale*, in « Transferts dans les bétons et durabilité ». Numéro double spécial de la Revue Française de Génie Civil, (Ed. by V. Baroghel-Bouny, Hermès Science Publications, Paris), vol. 5, n° 2-3, pp 331-355 (2001).
- [30] DELAGRAVE (A.). – *Influence de la microstructure sur les mécanismes de pénétration des ions chlorure*. Thèse de doctorat de l'Université Laval, Québec, Canada (1996).
- [31] DELAGRAVE (A.), MARCHAND (J.), OLLIVIER (J.P.), JULIEN (S.) et HAZRATI (K.). – *Chloride binding capacity of various hydrated cement paste systems*. ACBM, vol. 6, pp 28-75 (1997).
- [32] DELOYE (X.) et DIVET (L.). – *Les alcalins actifs dans les bétons français – Bilan de quinze années d'expertise*, in Proceedings of the 3rd International CANMET/ACI Conference on Durability of concrete, Nice, France (1994).
- [33] DHIR (R.K.), SHAABAN (I.G.), CLAISSE (P.A.) et BYARS (E.A.). – *Preconditioning in situ concrete for permeation testing. Part 1: Initial surface absorption*. Magazine of concrete research, vol. 45, n° 163, pp 113-118 (1993).
- [34] FRANÇOIS (R.), DUBOSC (A.) et YSSORCHE (M.P.). – *Incidence sur le dimensionnement des ouvrages en béton armé des nouvelles avancées en matière de durabilité*. Annales du bâtiment et des travaux publics, pp 5-12, juin 1998.
- [35] FRANÇOIS (R.), FRANCY (O.), CARÉ (S.), BAROGHEL-BOUNY (V.), LOVERA (P.) et RICHET (C.). – *Mesure du coefficient de diffusion des chlorures. Comparaison entre régime permanent et régime transitoire*, dans « Transferts dans les bétons et durabilité ». Numéro double spécial de la Revue Française de Génie Civil (Ed. by V. Baroghel-Bouny, Hermès Science Publications, Paris), vol. 5, n° 2-3, pp 311-332 (2001).
- [36] GARBOCZI (E.J.). – *Permeability, diffusivity and microstructural parameters: a critical review*. Cement and concrete research, vol. 20, n° 4, pp 591-601 (1990).
- [37] GEHLEN (C.) et SCHIESSL (P.). – *Probability-based durability design for the Western Scheldt Tunnel, Structural concrete*. Journal of the FIB, vol. P1, n° 2, pp 1-7, juin 1999.
- [38] GODART (B.). – *Progression dans les connaissances sur les phénomènes d'alcali-réactions – Évaluation et surveillance des ouvrages*. Annales de l'ITBTP, n° 517, pp 134-162, oct. 1993.
- [39] HORNAIN (H.), THURET (B.), GUEDON-DUBIEZ (S.), LE ROUX (A.), LAPORTE (F.), PIGEON (M.) et MARTINEAU (F.). – *Influence of aggregates and mineral additives on the composition of the pore solution*, in Proceedings of the 10th ICAARC, Melbourne, Australia (Ed. by A. Shayan), pp 514-521, 18-23 août 1996.
- [40] HOUDUSSE (O.), MARCHAND (J.) et HORNAIN (H.). – *Prédiction de l'évolution de la concentration des ions présents dans les matériaux cimentaires : modélisation numérique du transport d'ions par la méthode des éléments finis*, in Proceedings of the 1st International Meeting « Material Science and Concrete Properties », Toulouse, France, (LMDC, 1998), pp 151-158, 5-6 mars 1998.
- [41] HOUDUSSE (O.), HORNAIN (H.) et MARTINET (G.). – *Prediction of long-term durability of Vasco de Gama Bridge in Lisbon*, in Proceedings of the 5th CANMET/ACI International Conference on Durability of concrete, Barcelona, Spain (Ed. by V.M. Malhotra, ACI, 2000), SP-192, vol. II, 4-9 juin 2000.
- [42] JACOBS (F.). – *Permeability to gas of partially saturated concrete*. Magazine of concrete research, vol. 50, n° 2, pp 115-121 (1998).
- [43] KOLLEK (J.J.). – *The determination of the permeability of concrete to oxygen by the CEMBUREAU method – A recommendation*. Materials and structures, vol. 22, pp 225-230 (1989).
- [44] KONECNY (L.) et NAQVI (S.J.). – *The effect of different drying techniques on the pore size distribution of blended cement mortars*. Cement and concrete research, vol. 23, n° 5, pp 1223-1228 (1993).
- [45] 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 LPC, OA 28, 395 p., déc. 1998.
- [46] *Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction*, LCPC, 51 p., juin 1994.
- [47] *Guide pour l'élaboration du dossier carrières*. Document annexe aux recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction, LCPC, 26 p., juin 1994.
- [48] *Actes des Journées « Durabilité » 8 et 9 mars 2000*, Bordeaux, France (Ed. by V. Baroghel-Bouny, Collection Actes des Journées Scientifiques du LCPC, LCPC, Paris) (2001).
- [49] *Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel – Guide technique*. Techniques et Méthodes des LPC, LCPC, Paris, 167 p., déc. 2003.
- [50] LI (K.) et COUSSY (O.). – *Évaluation de l'état mécanique des ouvrages dégradés par la réaction alcali-silice*. Revue Française de Génie Civil, n° 6, pp 835-851 (2002).
- [51] MASSAT (M.). – *Caractérisation de la microfissuration, de la perméabilité et de la diffusion d'un béton : application au stockage des déchets radioactifs*. Thèse de l'INSA de Toulouse, 148 p. (1991).
- [52] MEZIANI (H.) et SKOCZYLA (N.). – *An experimental study of the mechanical behaviour of a mortar and of its permeability under deviatoric loading*. Materials and structures, vol. 32, n° 220, pp 403-409, juil 1999.
- [53] MOUNANGA (P.). – *Étude expérimentale du comportement de pâtes de ciment au très jeune âge : hydratation, retraits, propriétés thermophysiques*. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes, 215 p., déc. 2003.
- [54] *NT Build 492: Nordtest method, Concrete, mortar and cement-based repair materials: Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments*. Espoo, Finland (1999).
- [55] PAPADAKIS (V.G.), VAYENAS (C.G.) et FARDIS (M.N.). – *Fundamental modeling and experimental investigation of concrete carbonation*, ACI materials journal, vol. 88, n° 4, pp 363-373 (1991).
- [56] PAPADAKIS (V.G.), VAYENAS (C.G.) et FARDIS (M.N.). – *Physical and chemical characteristics affecting the durability of concrete*. ACI materials journal, vol. 88, n° 2, pp 186-196 (1991).
- [57] PAPADAKIS (V.G.). – *Effect of supplementary cementing materials on concrete resistance against carbonation and chloride ingress*. Cement and concrete research, vol. 30, pp 291-299 (2000).
- [58] PAPADAKIS (V.G.) et TSIMAS (S.). – *Supplementary cementing materials in concrete. Part I: efficiency and design*. Cement and concrete research, vol. 32, pp 1525-1532 (2002).
- [59] PARROTT (L.J.). – *Moisture conditioning and transport properties of concrete test specimens*. Materials and structures, vol. 27, pp 460-468 (1994).
- [60] PERRATON (D.), AÏTCIN (P.C.) et CARLES-GIBERGUES (A.). – *Permeability, as seen by the researcher, in « High Performance concrete – From material to structure »* (Ed. by Y. Malier, E. & FN. Spon, Chapman & Hall, Cambridge, UK), pp 252-275 (1992).

- [61] PERRATON (D.), AÏTCIN (P.C.) et CARLES-GIBERGUES (A.). – *Mesure de la perméabilité aux gaz des bétons : perméabilité apparente et perméabilité intrinsèque – Partie I : Validation des concepts de Carman et de Klinkenberg dans le cas d'un BHP, et Partie II : Étude de l'influence de la taille des éprouvettes et de la variabilité des résultats dans le cas d'un BHP*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 221, pp 69-87, juin 1999.
- [62] PETRE-LAZAR (I.), GERARD (B.), MARCHAND (J.) et BEAUDOIN (J.J.). – *LEO : Logiciel d'aide à l'expertise*, in Proceedings of Journées CEFRACOR pour le diagnostic et la réparation des ouvrages en béton armé, Saint-Rémy-lès-Chevreuse, France (1998).
- [63] PICANDET (V.). – *Influence d'un endomagement mécanique sur la perméabilité et sur la diffusivité hydrique des bétons*. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes, 229 p., déc. 2001.
- [64] POLDER (R.B.). – *Test methods for on site measurement of resistivity of concrete – a RILEM TC-154 technical recommendation*. Construction and building materials, vol. 15, pp 125-131 (2001).
- [65] RAFAÏ (N.), HORNAIN (H.), VILLAIN (G.), BAROGHEL-BOUNY (V.), PLATRET (G.) et CHAUSSADENT (T.). – *Comparaison et validité des méthodes de mesure de la carbonatation*. Revue Française de Génie Civil, vol. 6, n° 2, pp 251-274 (2002).
- [66] RAHARINAIVO (A.), ARLIGUIE (G.), CHAUSSADENT (T.), GRIMALDI (G.), POLLET (V.) et TACHE (G.). – *La corrosion et la protection des aciers dans le béton*. Presses de l'ENPC, Paris, 167 p. (1998).
- [67] *Transferts dans les bétons et durabilité*. Numéro double spécial de la Revue Française de Génie Civil (Ed. by V. Baroghel-Bouny, Hermès Science Publications, Paris), vol. 5, n° 2-3 (2001).
- [68] RILEM TC 154-EMC : *Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion : Test methods for on site measurement of resistivity of concrete*. Recommendations, prepared by R. Polder, Materials and structures, vol. 33, n° 234, pp 603-611, déc. 2000.
- [69] SCHIESSL (P.), HERGENRÖDER (M.), KÜNZEL (H.M.), MÖLLER (J.S.), NILSSON (L.O.) et SIEMES (T.). – *New approach to durability design – An example for carbonation induced corrosion*. CEB Bulletin, n° 238, 138 p. (1997).
- [70] SERGI (G.), YU (S.W.) et PAGE (C.L.). – *Diffusion of chloride and hydroxyl ions in cementitious materials exposed to saline environment*. Magazine of concrete research, vol. 44, n° 158, pp 63-69.
- [71] *Prévention des désordres dus à l'alcali-réaction. Guide pour la rédaction des pièces écrites des marchés*. Comité technique alcali-réaction, SETRA, 64 p., juin 1996.
- [72] SKOCZYLAS (F.) et HENRY (J.P.). – *A study of the intrinsic permeability of granite to gas*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., vol. 32, n° 2, pp 171-179 (1995).
- [73] TANG (L.) et NILSSON (L.O.). – *Rapid determination of the chloride diffusivity in concrete by applying an electrical field*. ACI materials journal, vol. 89, n° 1, pp 49-53 (1992).
- [74] TANG (L.) et NILSSON (L.O.). – *Chloride binding capacity and binding isotherms of OPC pastes and mortars*. Cement and concrete research, vol. 23, pp 247-253 (1993).
- [75] TANG (L.) et NILSSON (L.O.). – *Ionic migration and its relation to diffusion, Materials science of concrete : transport in cement-based materials*. Special volume (Ed. by R.D. Hooton, M.D.A. Thomas, J. Marchand and J.J. Beaudoin, American Ceramic Society, Series Editor J.P. Skalny), pp 81-96 (2001).
- [76] TANG (L.) et SORESENSEN (H.E.). – *Precision of the Nordic test methods for measuring the chloride diffusion/migration coefficients of concrete*. Materials and structures, vol. 34, pp 479-485 (2001).
- [77] THIERY (M.), DANGLA (P.), VILLAIN (G.), PLATRET (G.), MASSIEU (E.), DRUON (M.) et BAROGHEL-BOUNY (V.). – *Modélisation de la carbonatation atmosphérique des matériaux cimentaires*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 252-253, pp. 153-187 (2004).
- [78] TOGNAZZI (C.). – *Couplage fissuration-dégradation chimique dans les matériaux cimentaires : caractérisation et modélisation*. Thèse de l'INSA de Toulouse, 217 p. (1998).
- [79] TRUC (O.), OLLIVIER (J.P.) et CARCASSES (M.). – *A new way for determining the chloride diffusion coefficient in concrete from steady state migration test*. Cement and concrete research, vol. 30, pp 217-226 (2000).
- [80] TSUKAMOTO (M.) et WÖRNER (J.D.). – *Permeability of cracked fiber-reinforced concrete*. Darmstadt Concrete, Ann. J. on concrete and concrete structures, vol. 6, pp 123-135 (1991).
- [81] TUUTI (K.). – *Corrosion of steel in concrete*. CBI, Report Fo 4.82, Stockholm (1982).
- [82] VESIKARI (E.). – *Estimation of service life of concrete facades by the factor approach*, in Proceedings of the 1st International RILEM Workshop « Life prediction and aging management of concrete structures » (Ed. by D.J. Naus, RILEM Publ., Cachan), pp 15-23 (2000).
- [83] VILLAIN (G.), BAROGHEL-BOUNY (V.), KOUNKOU (C.) et HUA (C.). – *Mesure de la perméabilité aux gaz en fonction du taux de saturation des bétons*, dans « Transferts dans les bétons et durabilité ». Numéro double spécial de la Revue Française de Génie Civil, (Ed. by V. Baroghel-Bouny, Hermès Science Publications, Paris), vol. 5, n° 2-3, pp 253-270 (2001).
- [84] VILLAIN (G.), THIERY (M.) et ROUSSEL (P.). – *Détermination par gammadensimétrie de profils de séchage et de carbonatation dans les bétons*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 248, pp 49-71, janv.-fév. 2004.
- [85] YSSORCHE (M.P.), BIGAS (J.P.) et OLLIVIER (J.P.). – *Mesure de la perméabilité à l'air des bétons au moyen d'un perméamètre à charge variable*. Materials and structures, vol. 28, pp 401-405 (1995).
- [86] APM 219 : *Test method : Concrete testing, hardened concrete : electrical resistivity*. 1st edition, may 1996.

Normalisation

Association Française de Normalisation AFNOR

<http://www.afnor.fr>

- NF EN 206-1 04-04 Béton – Partie 1 : spécification, performances, production et conformité. Indice de classement : P18-325-1
- 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.

- P18-855 11-92 Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – Produits ou systèmes de produits à base de liants hydrauliques ou de résines synthétiques destinés aux réparations de surface du béton durci – Essai de perméabilité aux liquides sur éprouvettes à surface sciée.

American Society for Testing and Materials ASTM

- <http://www.astm.org>
- C1202-97 Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration