

*Short Course*

# **Management of Alkali Aggregate Affected Structures; Analysis, Performance & Prediction**

<http://dam.colorado.edu/AAR-Paris.php>

Sept. 15, 2009

*Organized by*

V. Saouma, A. Sellier, R. Charlwood

University of Colorado, Université de Toulouse, Robin Charlwood & Assoc.

*Hosted by*

Coyne & Bellier, Paris France

In Conjunction with the

[10th Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams](#)

(Sept. 16-18 2009 in Paris)

## **Course Description**

Alkali-Aggregate reaction (AAR) is an internal reaction in hardened concrete between certain aggregate and cement paste resulting in a gel which expands in the presence of water. This time and temperature dependent expansion can cause significant deformations of concrete structures, sometimes causing serious cracking or equipment misalignment. Accompanying this reaction is a potential decrease in concrete tensile and modulus of elasticity, and in some cases, a reduction in compressive strength. Dams, hydro-electric plants and bridges are particularly vulnerable to AAR induced effects. In dams, increased long term irreversible crest displacements are observed, potentially affecting stability and spillway gate clearances. In hydro-electric plants, deformations can affect turbine and generator clearances and damage powerhouse superstructure. In bridges, the reinforcement is further stressed by AAR, and in some extreme cases can fail.

This one day short course will provide owners and practitioners with a concise, rigorous and comprehensive view of AAR phenomena and current methods for its management in major structures. In particular: a) Chemo-Physical nature of the reaction; b) Test methods & Diagnosis; c) Case Studies; d) Advanced Finite Element modeling; e) Management of AAR affected structures.

Participants will be given a comprehensive set of notes, articles and documentation.

## **Who Should Attend**

Owners engineers, consultants, contractors and regulators who are faced with having to deal with a dam, hydroelectric plant, or major reinforced concrete structures that has been found to be subject to AAR or some other chemical expansion phenomena. The course is intended to provide a state of the art basis for making engineering decisions on the assessment and management of the concrete structures and affected equipment.

## **Language**

All presentations will be in English, discussion could be in French, Italian, or Spanish.

## **Instructors**

**Eric Bourdarot:** After obtaining a degree in civil engineering from the Ecole Nationale des Ponts et Chaussées in 1979, Eric BOURDAROT devoted his work to hydropower schemes. He participated in particular in the hydraulic construction works on the Haut-Rhône in France and then specialised in the study and analysis of the behaviour of concrete hydraulic structures, and more specifically arch dams. He is currently in charge of the " Concrete Hydraulic Structures " group of the Hydro-Engineering Centre of EDF devoted to modelling and

analysis studies concerning the behaviour of concrete dams. He also acts as project Manager and Expert on different studies concerning the behaviour of structures or reinforcement works in France and foreign countries. In this respect, he is involved in researches and studies concerning concrete structures subject to swelling phenomena due to alkali aggregate reaction and sulfatic attack, as well as studies concerning the seismic behaviour of dams.

**Bruno Capra:** Bruno Capra is Scientific Director of Oxand, a private company dedicated to the risk management of civil engineering structures. Graduated from Ecole Normale Supérieure de Cachan, he held a PhD under the supervision of M. Moranville Regourd on the modeling of the mechanical effects induced by AAR on concrete structures. Besides material modeling and structural effects of various concrete pathologies, his current research activities are related to reliability analysis and the maintenance optimization of civil engineering assets by risk analysis.

**Alain Carrère** is a Civil Engineer with 38 years of experience in design of dams and hydraulic works in France and other countries. He has been involved in the design and construction supervision of dozens of large dams of different types, especially large arch dams and RCC gravity dams. He is Director for Science and Technology of Coyne et Bellier and is now acting as Expert in dam design, monitoring and rehabilitation. He is Chairman of the ICOLD Committee on Computational Aspects of Analysis and Design of Dams, and is also the promoter of the Benchmark Workshop which will immediately follow the Short Course.

**Robin Charlwood:** is a Civil Engineer with over 35 years of experience focusing on dam safety and hydroelectric plant rehabilitation. His areas of emphasis include assessment and remedial measures for concrete structures and particularly ageing structures and those with alkali-aggregate reactions. He is Chairman, International Commission on Large Dams Committee on Concrete Dams. He was Chairman of ICOLD/Hydro 2007 Workshop on Chemical Expansion of Concrete Dams, Granada, Spain, Q82 on Ageing and Rehabilitation of Concrete and Masonry Dams, Montreal ICOLD Congress, 2003, and Co-Chairman of the USCOLD 1995 Conference on Alkali-Aggregate Reactions in Hydro-electric Plants and Dams in Chatanooga, TN

**Bernard Goguel:** is a Civil Engineer with 38 years of experience in dam and hydraulic works, in France and 18 other countries. He has been involved in the design and construction supervision of dozens of large dams of different types, and progressively shifted to dam monitoring, maintenance and rehabilitation. He has a long and wide practical experience in monitoring and dam safety assessment, particularly on some major concrete dam expansion cases, and contributed to 30 papers in ICOLD Congresses or elsewhere. He is Chairman, ICOLD Committee on Dam Surveillance.

**Etienne Grimal:** is an Engineer at the Hydro-Engineering Centre (CIH) of Electricité de France (EDF), in the Expertise and development Branch. He holds his PhD from Paul Sabatier University, Toulouse, France, in 2007. His research interests include the problem of dams affected by swelling phenomena. Usually it makes stability analysis of concrete gravity dams and he specialised in the analysis of behaviour of concrete dams subject to alkali aggregate reaction.

**Victor Saouma** has over twenty years of continuous research on dam safety. His research emphasis is on fracture mechanics, numerical modeling of concrete deterioration and nonlinear seismic response of dams subjected to strong motion. He has conducted a major five years research program on dam safety for the Electric Power Research Institute (EPRI), is currently conducting research/development work for the Tokyo Electric Power Company (TEPCO), and has been a consultant on a number of dams.

**Alain Sellier** is a Civil Engineering Professor at Paul Sabatier University (Université de Toulouse) and Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions. He holds a PhD in Civil Engineering from Ecole Normale Supérieure de Cachan in the team of M. Moranville Regourd. His research interests concern numerical chemo-mechanical modelling of concrete structures, including AAR problems. He has developed since more than 15 years several models and experimental programs to provide a best understanding of AAR. His approach is a multi-scale one: some of these models concern microscopic and mesoscopic aspects of AAR like aggregate size effect, multi species diffusion and ionic exchange in gel or humidity dependence of the reaction (with Poyet, Multon and Cyr), structural effects of AAR (with Capra, Grimal and Multon). Most of his works on AAR were financially supported by EDF (E.Bourdardot) which applies his models to their affected dams.

**Ian Sims** is a Chartered Geologist and Chartered Engineer with 35 years professional experience. He obtained a doctorate in Concrete Technology, including the first recognized case of AAR in the British Isles, which was a dam. Since 1975, Ian has acted as a consultant and/or expert witness in respect of concrete materials worldwide. He is a Director of STATS Limited, a consultancy practice within the RSK Group plc. Ian was the founding and continuing Secretary of the series of RILEM technical committees on AAR, starting in 1988. He is co-author of

the book 'Concrete Petrography' and is currently co-editing a new edition of Swamy's 'The Alkali-Silica Reaction in Concrete' (to be 'The Alkali-Aggregate Reaction in Concrete').

**Francois Toutlemonde:** Ph.D., graduated from Ecole Polytechnique and Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, is a Chief Civil Engineer in charge of the Division for Bridge Structures Behavior and Durability at LCPC, the French Public Works Research Institute. He has been in charge of LCPC Structures Laboratory for more than 10 years, within Bruno Godart's team. He has also been working for 10 years with Dr C. Larive, Dr Kefei Li and Dr J.-F. Seignol on AAR modeling for structural assessment and appropriate affected bridge management, and supervised S. Multon's Thesis on AAR Structural effects. His present research interests also include structural application of high and ultra-high performance concrete, assessment of structures affected by delayed ettringite formation, and performance-based durability design of concrete structures.

## Course Content

	8:15	8:30	<b>Welcome Remarks</b>	Alain Carrere
1	8:30	9:30	AAR in Dams; Case Studies, Monitoring Remediation	Robin Charwood
2	9:30	10:30	What is AAR; Standard Tests; RILEM Committee	Ian Sims
	10:30	10:45	<b>Coffee Break</b>	
3	10:45	11:15	Laboratory Based Predictions for Expansion	Alain Sellier
4	11:15	11:30	Arch Dam Case Studies	Bernard Goguel
5	11:30	12:00	Numerical Model & Case Study (Dam)	Alain Sellier; Etienne Grimal
	12:00	13:30	<b>Lunch</b>	
6	13:30	14:30	Numerical modeling of dams and R/C structures	Victor Saouma
7	14:30	15:00	Managing AAR; LCPC Perspective	Francois Toutlemonde
8	15:00	15:30	Risk Management of Structures Affected by AAR	Bruno Capra
	15:30	15:45	<b>Coffee Break</b>	
9	15:45	16:15	Management and Remediation; Closing Remarks	Eric Bourdarot
10	16:15	17:15	<b>Round Table Discussion</b>	Aalain Carrere Robin Charwood
	20:00	??	<b>Dinner</b>	
			Materials; Laboratory Tests	
			Case Studies	
			Numerical Models	
			Management, Monitoring, Remediation	
			"Social" hours	

**AAR in dams; (RC):** Survey of examples of structures affected by AAR worldwide. Identification of AAR in large concrete dams and powerhouses, remediation/monitoring and major effects of concern.

**What is AAR? (IS):** Referring to the latest findings of research and practical experience, three crucial questions will be addressed: i) What are the internal chemical reactions causing AAR and what are the physical and compositional parameters controlling the reaction? ii) How can we determine if AAR is present and establish whether it has or will cause damage? and iii) How can AAR be avoided and what predictive test methods are available? Also, the guidance, recommendations and future aims of RILEM Technical Committee 219-ACS will be summarized.

**Expansion Prediction (AS):** Dependence of AAR kinetic on aggregate size, difference between laboratory's gel and in the field one, new technique to assess reactive silica consumption through laboratory testing of aggregate extracted from field core specimens, combination of laboratories tests results analysis and in field displacement measurement to asses final swelling potential through a finite element modeling.

**Arch dams case studies :** main lessons from experience gained on some major expanding arch dams, monitoring devices, results and developments, discussion of remedial measures

**Constitutive model (AS):** Constitutive model of AAR affected concrete : role of creep humidity temperature and stresses on swelling, fracture energy considerations, interest of the anisotropic damage mechanic theory for finite element affected structures analysis.

**Numerical application (EG) :** Simulations of the EDF-LCPC experimental program, application to the Temple sur Lot Dam

**Numerical modeling of dams and R/C structures (VS):** Presentation of the “Colorado” finite element model, parametric study, case studies of a dam and a massive R/C structure, current research.

**Managing AAR, LCPC Perspective (FT):** LCPC guide on the management of AAR-affected structures, with updated complements on non-destructive monitoring techniques, identification of input parameters for structural reassessment, and the field experience of LCPC. Emphasis will be placed on R/C bridges.

**Risk Management of Structures Affected by AAR (BC):** Perspective from the private sector on how to manage AAR structures. ): Perspective from the private sector on how to manage AAR structures. Application cases on bridges and issues to address.

**Managing and Remediation; EdF Perspective (EB):** The experience of EDF in the field of researches and management of dams will be presented. Through the description of the collaboration with university and industry partners, as the analysis of affected structures, the main concerns in this field will be raised and discussed.

**Round Table Discussion (moderated by RC):** The short course will conclude with an open discussion with and among the participants to all aspects of AAR. Participants are invited to bring in their problems, questions, and experience.

## **Registration**

<http://www.ampere-asso.org/Register.asp?ID=12052009131926&LG=US>

Course fee: 450€ includes lecture notes, coffee breaks, lunch and dinner.

Student fee 250€ includes lecture notes, coffee breaks, lunch and dinner

If minimum enrollment is not met, course will be cancelled, and full refund made.

## **Course Enquiries:**

Victor Saouma +001-303-492-1622, [Saouma@civil.colorado.edu](mailto:Saouma@civil.colorado.edu)

Alain Sellier +33-(0)5- 61 55 60 06 [alain.sellier@insa-toulouse.fr](mailto:alain.sellier@insa-toulouse.fr)

# Gestion des ouvrages atteints par la réaction alcali granulat; Analyse, performance et prévision

<http://dam.colorado.edu/RAG-Paris.php>

15 Septembre 2009

*Organisé par*

V. Saouma, A. Sellier, R. Charlwood

University of Colorado, Université de Toulouse, Consultant

*Accueilli par*

Coyne & Bellier, Paris France

En Association avec le

[Dixième Atelier de Banc d'Essai sur les Méthodes de Calcul pour les Barrages](#)

(16-18 Septembre 2009 à Paris)

## Description du cours

La réaction Alkali-granulats (RAG) est une réaction interne dans le béton durci, entre certains agrégats et la pâte cimentaire, entraînant la formation d'un gel dont le volume augmente en présence d'eau. Cette dépendance en temps et en température peut engendrer des déformations significatives dans les structures en béton, causant parfois des fissures conséquentes ou un non-alignement des équipements. Une décroissance potentielle de la résistance en traction et du module d'élasticité accompagne la réaction, et dans certains cas, une diminution de la résistance en compression. Les barrages hydroélectriques et les ponts sont particulièrement vulnérables aux effets induits par la RAG. Dans les barrages, on observe à long terme un accroissement des déplacements irréversibles de la crête, affectant potentiellement la stabilité et l'évacuation des déversoirs. Dans les stations hydroélectriques, les déformations peuvent affecter les turbines, l'évacuation dans les générateurs, et endommager les superstructures de la centrale. Dans les ponts, la RAG entraîne une sollicitation supplémentaire des aciers d'armature et dans les cas extrêmes leur rupture.

Ce cours d'une journée fournira aux maîtres d'ouvrages et aux praticiens du domaine, de façon concise et pédagogique, une vue générale des phénomènes associés à la RAG, ainsi que des méthodes pour la gestion des ouvrages affectés. En particulier le cours comportera : a) des rappels concernant la physico-chimie de la réaction, b) la fourniture de méthodes pour les tests et les diagnostics ; c) des études de cas, d) des modélisations éléments finis performantes ; e) des bases de méthodologie pour la gestion des structures atteintes.

Une documentation, des articles et un ensemble de notes adaptées seront fournis aux participants

## Langue

Toutes les présentations seront en Anglais. Les discussions pourraient être en Français, Italien, ou Espagnol.

## Public visé

Maître d'ouvrages, ingénieurs, consultants, exploitants et contrôleurs concernés par la gestion d'un barrage, d'une usine hydro-électrique ou d'un ouvrage en béton armé sujet à la RAG ou à une autre réaction chimique expansive. Le cours a l'intention de fournir un état de l'art permettant d'avoir les bases pour prendre des décisions en termes d'ingénierie concernant l'évaluation et la gestion de structures en béton et des équipements affectés..

## Enseignants

**Eric Bourdarot:** Après avoir obtenu le diplôme de l'Ecole Nationale des Ponts et chaussées en génie civil en 1979, Eric BOURDAROT a dédié son travail aux installations hydroélectriques. Il a participé en particulier à des travaux sur le Haut-Rhône et s'est ensuite spécialisé dans l'étude et l'analyse du comportement des structures

hydrauliques en béton, et plus spécifiquement des barrages voûtes. Il est actuellement responsable des « Structures Hydrauliques en Béton » du groupe ingénierie hydraulique d'EDF dédié à la modélisation et à l'analyse du comportement des barrages en béton. Il intervient aussi en tant que directeur de projet et expert dans différentes études concernant le comportement des structures ou des travaux de renforcement, en France et à l'étranger. Dans cette optique, il est impliqué dans des recherches et des études concentrant les structures sujettes aux phénomènes de gonflement dus à la RAG et aux attaques sulfatiques, ainsi que des études concernant le comportement sismique des barrages.

**Bruno Capra**: est responsable scientifique de la société Oxand, spécialisée dans la gestion par les risques des infrastructures de génie civil. Après une agrégation en Génie Civil, il a obtenu un doctorat à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan sous la direction de M. Moranville Regourd sur la modélisation des effets mécaniques induits par la RAG. Outre les aspects modélisations et conséquences structurales des différentes pathologies du béton, ses thèmes de recherche portent également sur la prise en compte des variabilités par des approches fiabilistes et l'optimisation de la gestion des ouvrages par des approches d'analyse de risques.

**Alain Carrère** est ingénieur en génie civil, avec 38 années d'expérience dans la conception des barrages et ouvrages hydrauliques en France et à l'étranger. Il a participé à la conception et supervisé la construction de douzaines de grands barrages de différents types, barrages voutes et RCC poids en particulier. Il est le Directeur Scientifique de Coyne et Bellier et est actuellement expert dans la conception, l'instrumentation et la réhabilitation de barrages. Il est le Chairman du Comité ICOLD sur les aspects de calcul numérique pour l'analyse et la conception de barrages, et organise le workshop qui suit ce cours.

**Robin Charlwood** est ingénieur en génie civil, avec plus de 35 ans d'expérience sur la sûreté des barrages et la réhabilitation des usines hydro-électriques. Son domaine de compétence inclut le domaine de l'évaluation et de la réparation des structures en béton, en particulier les structures anciennes et celles affectées par la RAG. Il a été chairman de la commission internationale sur les grands barrages, à Grenade en Espagne, Q82 sur le vieillissement et la réhabilitation des barrages en maçonnerie et en béton, au congrès ICOLD de Montréal en 2003, co chairman de la conférence sur les la RAG dans les usines hydro électriques et les barrages à Chatanooga, TN.

**Bernard Goguel** est ingénieur en génie civil avec 38 ans d'expériences dans le domaine des barrages et travaux hydrauliques en France et dans 18 autres pays. Il a été impliqué dans la conception et la supervisions de la construction de plusieurs grands ouvrages de différents types, et est progressivement passé à l'instrumentation, la maintenance et la réhabilitation. Il bénéficie d'une vaste expérience pratique dans le l'instrumentation et l'évaluation de la sécurité., en particuliers sur des barrages présentant des cas de gonflement, et a contribué à 30 articles dans les congrès CIGB. Il est aussi Chairman du Comité CIGB sur la surveillance des barrages.

**Etienne Grimal** est ingénieur au Centre d'Ingénierie Hydraulique (CIH) d'EDF, dans la branche expertise et développement. Il a soutenu sa thèse à l'Université Paul Sabatier de Toulouse. En 2007 ses recherches incluent le problème des barrages affectés par le phénomène de gonflement. Il s'occupe de l'analyse de stabilité dans les barrages poids et s'est spécialisé dans l'analyse du comportement des barrages en bétons sujets à la RAG.

**Victor Saouma** a effectué plus de 20 ans de recherches ininterrompues sur la sécurité des barrages. Sa spécialité inclut la mécanique de la rupture, la modélisation numérique de la détérioration du béton, et l'analyse non linéaire des barrages voûtes soumis à de forts tremblements de terre. Il a dirigé un programme majeur de recherche pendant 5 ans sur la sécurité des barrages pour l'Electric Power Research Institute (EPRI) et conduit actuellement des recherches pour la Tokyo Electric Power Company (TEPCO). Occasionnellement, il a été consultant pour un certain nombre de barrages.

**Alain Sellier** est professeur en génie civil à l'université Paul Sabatier de Toulouse et au Laboratoire Matériau et Durabilité des Constructions. Il a obtenu un doctorat en génie civil à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan dans l'équipe de M. Moranville Regourd. Depuis plus de 15 ans, ses recherches se portent sur de nombreuses modélisations et expériences qui fournissent une meilleure compréhension de la RAG. Son approche est multi-échelle : certains de ses modèles concernent les aspects micro et mésoscopiques de la RAG, tels que l'effet de la taille des granulats, la diffusion multi-espèce et les échanges ioniques dans le gel ou la dépendance en degré d'humidité de la réaction (avec Poyet, Multon & Cyr), les effets structurels de la RAG (avec Capra, Grimal & Multon). La plupart de ses travaux sur la RAG ont été financés par EDF-CIH (E. Bourdarot) qui applique ses modèles à leurs barrages affectés par la RAG.

**Ian Sims** est géologue et ingénieur avec plus de 35 ans d'expérience professionnelle. Il a obtenu un doctorat en Technologie des Matériaux Cimentaires, qui comprenait le premier cas reconnu de RAG, dans les Iles Britanniques. Depuis 1975, Ian est intervenu dans le monde entier en tant que consultant et/ou expert dans le

domaine des matériaux cimentaires. Il est directeur de *STATS Limited*, une agence de consultants du groupe RSK. Ian a fondé le secrétariat du comité technique de RILEM pour la RAG, qui perdure depuis 1988. Il est co-auteur du livre 'Concrete Petrography' et coédite actuellement une collection pour Swamy, 'The Alkali-Silica Reaction in Concrete' (prochainement 'The Alkali-Aggregate Reaction in Concrete').

**Francois Toutlemonde** est Ingénieur de l'Ecole Polytechnique, Docteur et ingénieur diplômé de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en charge de la division « Fonctionnement et Durabilité des Ouvrages d'art ». Il a été responsable de la plate-forme d'essai des structures du LCPC depuis plus de 10 ans, au sein de l'équipe de Bruno Godart. Il a aussi travaillé plus de 10 ans avec Dr. C. Larive, Dr. Kefei Li et Dr. J-F. Seignol sur la modélisation de la RAG pour l'expertise de structures et la gestion des ponts. Ses recherches actuelles incluent aussi les applications structurelles de béton à hautes et ultra-hautes performances, la vérification des structures affectées par la réaction sulfatique interne, et la conception performantielle des structures en béton en vue de leur durabilité.

## Déroulement de la journée

	8:15	8:30	<b>Remarques de bienvenue</b>	Alain Carrere
1	8:30	9:30	La RAG dans les barrages; Etude de cas; solutions	Robin Charlwood
2	9:30	10:30	Ce qu'est la RAG; Tests standards; Comité RILEM	Ian Sims
	10:30	10:45	<b>Pause</b>	
3	10:45	11:15	Modèles de gonflement issus des laboratoires	Alain Sellier
4	11:15	11:30	Cas d'études de barrages	Bernard Goguel
5	11:30	11:15	Loi de comportement pour les bétons affectés par la RAG	Alain Sellier;
6	11:30	12:00	Validation d'un modèle théorique et application à un barrage	Etienne Grimal
	12:00	13:30	<b>Déjeuner</b>	
7	13:30	14:30	Modélisation numérique des barrages et des structures B.A.	Victor Saouma
8	14:30	15:00	Gérer la RAG; les perspectives du LCPC	Francois Toutlemonde
9	15:00	15:30	Gestion du risque dans les structures affectées par la RAG	Bruno Capra
	15:30	15:45	<b>Pause</b>	
10	15:45	16:15	Gestion et solutions; Remarques de clôture	Eric Bourdarot
11	16:15	17:15	<b>Discussion en table ronde</b>	Alain Carrere Robin Charlwood
	20:00	??	<b>Dîner</b>	
			Matériaux; test en laboratoire	
			Etude de cas	
			Modèles numériques	
			Gestion, contrôle, solutions	

**La RAG dans les barrages (RC)** Etude d'exemples de structures affectées par la RAG à travers le monde. Identification de la RAG dans les grands barrages en béton et dans les centrales, solution/contrôle et principaux effets concernés.

**Qu'est-ce que la RAG (IS)** En référence aux dernières découvertes en recherche et à son expérience pratique, trois questions cruciales vont être posées : i) Quel sont les réactions chimiques internes qui causent la RAG et quels sont les paramètres physiques et constitutionnels qui contrôlent la réaction ? ii) Comment peut-on déterminer si la RAG est présente et savoir si elle a, ou va, causer des dégâts ? iii) Comment la RAG peut-elle être évitée et quelles méthodes de test prédictifs peuvent être utilisés ? De plus, les conseils, recommandations et futures objectifs du comité technique 219-ACS de la RILEM seront résumés.

**Modèle de Gonflement (AS)** Dépendance de la cinétique de la RAG vis-à-vis de la taille des agrégats, différence entre le gel en laboratoire et sur le terrain, nouvelles techniques pour assurer la consommation des silicates réactifs extraits d'échantillon du terrain, combinaison des résultats d'analyse en laboratoire et des déplacements mesurés sur le terrain pour déterminer le gonflement potentiel à l'aide d'un code éléments finis.

**Cas d'études de barrages voûtes:** Leçons tirées de l'expérience sur plusieurs barrages, monitoring, instrumentations, résultats et développements, discussion sur les méthodes de solutions.

**Modèle de comportement (AS):** Modèle de comportement du béton affecté par la RAG : rôle de la température de l'humidité et contraintes sur le gonflement, étude de l'énergie de fissuration, intérêt de la théorie de d'endommagement anisotrope pour l'analyse par éléments finis des structures affectées.

**Application Numérique (EG) :** Simulation du programme expérimental de EDF et du LCPC, application au barrage de Temple sur Lot.

**Modélisation numérique des structures et BA (VS):** Présentation du modèle éléments finis «Colorado », étude paramétrique, étude d'un cas de barrage et d'une structure massive en B.A, recherches actuelles.

**Gestion de la RAG, l'approche du LCPC (FT):** Le guide LCPC d'aide à la gestion des structures atteintes de réactions de gonflement interne, avec des compléments mis à jour sur les techniques de contrôle non destructif, l'identification des données de calcul et le retour d'expérience du LCPC en expertise d'ouvrages. L'accent sera mis sur les ponts en en B.A.

**Gestion du risque dans les structures affectées par la RAG (BC):** Perspectives du secteur privé sur les méthode de gestion de la RAG dans les structures. Exemples d'applications sur des ouvrages d'art et principales difficultés à surmonter.

**Gestion et Solution ; les perspectives d'EDF (EB):** Présentation de l'expérience d'EDF dans le secteur de recherche de la gestion des barrages. A travers la description de la collaboration avec les universités et les partenaires industriels, les principales questions concernant l'analyse des structures affectées seront soulevées et discutées.

**Discussion en table ronde (modérée by RC):** Le court se terminera par une discussion ouverte avec et entre les participants, sur tous les aspects de la RAG. Les participants seront invités à exposer leurs problèmes, leur question et leur expérience.

## Inscription

<http://www.ampere-asso.org/Register.asp?ID=12052009131926&LG=US>

Prix du cours 450 €qui inclus une copie des présentations, le déjeuner, et le diner.

Prix Etudiant 250 €(pour les mêmes prestations).

Si l'effectif minimum n'est pas atteint, le cours sera annulé et les inscrit intégralement remboursés.

## Renseignements complémentaires

Le cours se tiendra dans les locaux de Coyne & Bellier, 9 Allée des Barbanniers, Gennevilliers (RER ligne C, station Gennevilliers).

Victor Saouma +001-303-492-1622, [Saouma@civil.colorado.edu](mailto:Saouma@civil.colorado.edu)

Alain Sellier +33-(0)5- 61 55 60 06 [alain.sellier@insa-toulouse.fr](mailto:alain.sellier@insa-toulouse.fr)