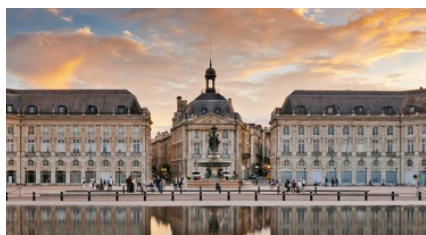


7^e Congrès

DIAGNOBETON

Auscultation & Évaluation des Ouvrages de Génie Civil



Bordeaux

24 - 26 mars 2021

Conférence gratuite en ligne

Présentation du congrès

Depuis sa première édition à Béthune en 2000 et à travers les suivantes, organisées à Namur en 2002, Montréal en 2004, Aix en Provence en 2007, Toulouse en 2014 et Marrakech en 2016, le Congrès Diagnobéton réunit la communauté internationale francophone spécialisée en auscultation, instrumentation et diagnostic des ouvrages de Génie Civil.

Cette manifestation se veut un lieu d'échanges scientifiques et de transfert de compétences. Pour cela, elle réunit à la fois des développeurs de techniques de contrôle non destructif (CND), d'instrumentation ou d'outils de diagnostic et d'aide à la décision mais aussi des utilisateurs et des gestionnaires d'ouvrages. Elle est également une occasion de croiser les expériences acquises dans les différents pays participants (la Belgique, le Canada, la France, l'Algérie et le Maroc). Les plus récents développements en termes de CND, d'instrumentation, de traitement de l'information et de son utilisation y sont présentés.

L'objectif de cette nouvelle édition sera de :

- dresser un panorama des activités et des besoins actuels et futurs dans chacun des pays participants,
- exposer les travaux des projets nationaux et des groupes de travail internationaux sur cette thématique,
- présenter les avancées les plus récentes en termes de recherche et développement dans le domaine du CND, de l'instrumentation, du traitement de l'information jusqu'à la décision,
- montrer comment optimiser les moyens d'auscultation ou d'instrumentation pour améliorer le suivi des ouvrages et aider les gestionnaires à la prise de décision pour la surveillance et la maintenance.

Les principales thématiques visées sont :

- l'évaluation non destructive des matériaux et des structures,
- le monitoring du béton et des ouvrages (capteurs, instrumentation ...),
- le traitement des informations du CND et du monitoring,
- l'aide à la décision, la maîtrise des risques.

Dans le cadre du congrès Diagnobéton une présentation des travaux récents de projets de recherche, des comités techniques et des groupes d'experts suivants sera organisée :

Le projet ANR ENDE « Évaluation Non Destructives des Enceintes de confinement » est un projet soutenu par l'ANR et le programme l'investissement d'avenir pour répondre à la problématique de l'évaluation non destructive de l'étanchéité des structures nucléaires. Ce projet a permis de développer des outils d'END multiphysique pour la caractérisation des bétons avec des validations expérimentales sur la maquette VerCoRs (EDF, Les renardières).

Le comité technique TC RILEM 249 ISC. Ce groupe d'experts a commencé des travaux de recherche en 2014 sur la problématique de l'évaluation non destructive. Il a pour objectif de développer une méthodologie optimale pour l'évaluation non destructive in situ de la résistance mécanique des bétons et sa variabilité. Sur la base de ces travaux une recommandation a été publiée en 2019.

Résumés des présentations par ordre alphabétique

Table des matières

| | |
|--|----|
| Analyse critique et suivi de la performance des réparations de surface des éléments de béton du Pont Champlain, Stéphanie Blanchard [et al.] | 7 |
| Analyse du risque lié à l'estimation non-destructive de la résistance du béton dans les constructions existantes, Khoudja Ali Benyahia [et al.] | 8 |
| Analyse modale pour le contrôle de conteneurs de déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue, Jesus Eiras [et al.] | 9 |
| Analyse post-défaillance d'ouvrages via l'argumentation abstraite imprécise, Franck Taillandier [et al.] | 10 |
| Anticiper et Définir les Besoins en END pour l'auscultation en génie civil, François Paillette [et al.] | 11 |
| Apport de l'auscultation pour le suivi de l'effet thermique des barrages en béton compacté au rouleau, Bouchrit Rouissat [et al.] | 12 |
| Apport de l'émission acoustique à la caractérisation du développement de la Réaction Alkali-Granulats (RAG) dans les structures en béton, Narintsoa Ranaivomanana [et al.] | 13 |
| Assessment of the quality of fiber-reinforced self-compacting concrete (SCC) by means of non-destructive methods (NDT) and direct methods, Noura Djebri [et al.] | 15 |
| Assessment of the quality of self-compacting concrete (SCC) based on local materials exposed to high temperature by means of non-destructive methods (NDT) and direct methods, Noura Djebri [et al.] | 16 |
| Auscultation des zones d'interface des remblais des barrages en terre avec les ouvrages en béton par les capteurs de pressions totales, Nadia Smail [et al.] . . . | 18 |
| Blind separation of radar surface wave using split spectrum processing and matching pursuit algorithms for cover concrete evaluation, Nadjib Kemache [et al.] . . . | 19 |

| | |
|--|----|
| CREEP BEHAVIOR OF CULTURAL MASONRY HERITAGE BY MEANS OF "STRUCTURE FROM MOTION METHOD", Andrea Armonico [et al.] | 20 |
| Comparative study of different approaches for the mechanical resistance assessment of the concrete using the NDT methods, Laid Baali [et al.] | 21 |
| Conception d'un capteur Anneau en circuit imprimé basé sur la résistivité électrique pour évaluer les profils de teneur en eau dans le béton, Joanna Badr [et al.] | 22 |
| Confortement des bâtiments pathologiques d'avicultures, Ali Ellouze [et al.] | 23 |
| Contribution à l'étude du comportement des bétons confinés par PRF, Mohammed El Youbi | 24 |
| Contrôle de la géométrie d'alvéoles de stockage de déchets radioactifs par fibres optiques, Arianna Piccolo [et al.] | 25 |
| Contrôle et évaluation in-situ des ouvrages en béton par spectrométrie diélectrique micro-ondes, François Demontoux [et al.] | 26 |
| Couplage entre l'auscultation et la modélisation numérique pour l'analyse et la prédiction du comportement des barrages en terre, Leyla Harbi [et al.] | 28 |
| De la modélisation numérique 2D à l'imagerie pour la caractérisation non destructive des bétons, Jean-François Chaix [et al.] | 29 |
| Diagnostic d'une Infrastructure Linéaire Rigide - Analyse Expérimentale après Renforcement par Géogrilles, Mouloud Abdessemed [et al.] | 31 |
| Diagnostic de la corrosion dans les structures en béton armé par mesure simultanée du potentiel de corrosion, de la résistivité du béton d'enrobage et de la résistance de polarisation des armatures, Fabrice Deby [et al.] | 32 |
| Diagnostic structurel par corrélation d'images : analyse de contraintes in-situ, Marie Allain [et al.] | 34 |
| Détection automatisée des fissures dans les ponts en béton basée sur le traitement d'images par les réseaux de neurones artificiels, Hajar Zoubir [et al.] | 36 |
| Détection et localisation à cœur d'un objet non linéaire dans un bloc, Florian Ouvrier Buffet [et al.] | 38 |
| Détection et suivi d'une rupture de propriétés hydriques à l'aide d'un scanner automatique ultrasonore à ondes de surface, Charles Ciccione [et al.] | 40 |

| | |
|--|----|
| Développement d'un capteur électromagnétique pour le suivi des propriétés diélectriques des bétons - Simulation numérique et expérimentation, Mehdi Sbartai [et al.] | 42 |
| Développement de capteurs radiofréquences pour le suivi de la dégradation des infrastructures en béton armé, Karim Bouzaffour | 43 |
| Développement de capteurs électromagnétiques pour le suivi des propriétés diélectriques des bétons - Simulation numérique et expérimentation, Mehdi Sbartai [et al.] | 44 |
| Effet des cycles humidification/séchage sur le comportement mécanique des bétons de terre, Nathalie Kouta [et al.] | 45 |
| Estimation of elastic constants of cementitious materials under bending forces using the prism technique, Toufik Benkedidah [et al.] | 46 |
| Etude de la sensibilité de méthodes électro-acoustiques pour l'Evaluation Non Destructive des bétons sous sollicitation dynamique, Stephen Razafindratsima [et al.] | 47 |
| Evaluating the drying effect on the behavior of earth concrete using acoustic emission technique, Hassan Fardoun [et al.] | 48 |
| Evaluation Non Destructive des Enceintes de confinement de centrales nucléaires., Vincent Garnier [et al.] | 49 |
| Evaluation de l'endommagement de mortiers fibrés et non fibrés soumis à des conditions d'incendie à l'aide de mesures de propagation d'ondes ultrasonores et de perméabilité au gaz, Laurent Molez [et al.] | 51 |
| Evaluation non destructive de l'endommagement mécaniques des béton par émission acoustique - Application au monitoring de la maquette VerCorS, Seif Eddine Hamdi [et al.] | 52 |
| Experimental study and modeling of the effect of the nature of aggregates on the physico-mechanical characteristics of concrete, Ahmed Attia [et al.] | 53 |
| Influence de l'âge sur le comportement à la rupture des bétons de terre à l'aide de la technique d'émission acoustique, Nathalie Kouta [et al.] | 55 |
| Intégration de la variabilité spatiale pour une meilleure évaluation non-destructive du béton, Wafaa Abdallah [et al.] | 56 |
| Inventaires, inspections et auscultation des ouvrages d'arts et hydrauliques sur les principales routes nationales revêtues et en terre des régions des Savanes et de La Kara au Togo, Mustapha Zdiri [et al.] | 57 |

| | |
|--|----|
| Inversion différentielle des vitesses de phase des ondes de surface avec une distance des diagrammes : application sur des bicouches mortier/béton, Ao Wang [et al.] | 58 |
| Mesure de la variation de la résistance électrique du béton par pont de Wheatstone : application au suivi de la fissuration, Jean-Paul Balayssac [et al.] | 60 |
| Mise en place d'une méthode de qualification en C-scan par ultrasons d'échantillons fabriqués en laboratoire et prélevés sur des structures de chaussées, Benaboud Soufyane [et al.] | 61 |
| Monitoring du béton par fibre optique, Hugues Vincent [et al.] | 63 |
| Monitoring of ultrasonic pulse velocity for earth concrete properties evaluation - Effect of curing conditions, Duc Chinh Ngo [et al.] | 64 |
| Monitoring the Size Effect Behavior of Earth Concrete incorporating Recycled Sand, Hassan Fardoun [et al.] | 65 |
| Multidiffusion des ondes GPR dans le béton : modélisation et expérimentation, Jean-Paul Balayssac [et al.] | 66 |
| Méthodologie d'évaluation non destructive optimale de la résistance des bétons in situ-Etude de cas, Bouchra Kouddane [et al.] | 68 |
| Non-destructive testing of fresh concrete using the prism technique, Rahma Mes-saoudi [et al.] | 69 |
| Numerical simulation of the effect of porosity and aggregates on the ultrasonic wave propagation in concrete, Fouzia Ariche [et al.] | 70 |
| Présentation du principe et du logiciel de fusion de données appliqués aux ENDS en Génie Civil, Mohammed Loudiyi [et al.] | 71 |
| RILEM TC ISC-239 recommendation on reliable assessment of on-site concrete strength with NDT testing ?, Denys Breysse [et al.] | 72 |
| Reconversion d'un plancher terrasse en plancher parking : de l'investigation à la réalisation, Samir Medhioub [et al.] | 74 |
| Sensibilité des paramètres acoustiques à la fissuration du béton – Effet des dimen-sions et maturités -, Zohra Dahou [et al.] | 75 |
| Study of the effect of silica fume on the mechanical response of a self compacting concrete using non destructive testing methods (NDT), Belagraa Larbi [et al.] | 76 |
| Suivi continu de la dalle du tunnel du Mont-Blanc par mesures de déforma-tion, François-Baptiste Cartiaux | 78 |

| | |
|--|-----|
| Suivi de la contrainte, de la microfissuration et d'une macro fissure à l'aide de scanners automatiques ultrasonores à ondes de surface, Charles Ciccicone [et al.] | 79 |
| Suivi par Emission Acoustique du Processus d'Endommagement et de Rupture des Bétons Bitumineux sous Chargement de Fatigue Mécanique, Benaboud Soufyane [et al.] | 81 |
| Suivi, détection et caractérisation d'un front de lixiviation par techniques destructives et non destructives, Charles Ciccicone [et al.] | 83 |
| Surveillance d'un ouvrage d'art en béton par un réseau de capteurs GPS, Nicolas Manzini [et al.] | 85 |
| Surveillance non destructive de l'état du béton des enceintes de confinement des centrales nucléaires avec et sans précontrainte, Odile Abraham [et al.] | 87 |
| Synthèse des méthodes non destructives, destructives et les corrélations pour des systèmes en béton, Ali Zine Elabidine Benkabouche | 89 |
| The effect of high temperature on the properties of concrete reinforced by various fibers, Hassiba Belaribi | 91 |
| Thermographie infrarouge active appliquée à l'auscultation d'un élément en béton comportant des armatures métalliques par interférométrie micro-ondes, Franck Brachelet [et al.] | 92 |
| Un Groupe de Travail à la COFREND pour structurer les END en Génie Civil, Vincent Garnier [et al.] | 93 |
| Uniformisation et automatisation du monitoring des tensions dans les suspentes et haubans de ponts, Patrice Toussaint [et al.] | 95 |
| Usage des formulations de béton à base du sable de Dragage dans la fabrication des tétrapodes pour protection des digues portuaires, Mehdi Hassoune [et al.] | 96 |
| " Lames orphelines " Mise en œuvre et études paramétriques d'une nouvelle génération de capteurs d'alerte, Myriam Bouichou [et al.] | 97 |
| Étude et correction de l'effet des électrodes pour les mesures TRE à petite échelle et application, Cécile Verdet [et al.] | 99 |
| Évaluation dynamique d'un château d'eau en béton renforcé par composites CFRP, Mouloud Abdessemed | 101 |
| Évaluation non destructive des propriétés d'un béton allégé par ultrason et tomographie x, Mehdi Sbartai [et al.] | 102 |

| | |
|--|-----|
| Évolution temporelle de la microstructure de matériaux cimentaires par impédance spectrale, Hector Gomart [et al.] | 103 |
|--|-----|

| | |
|-------------------------------|------------|
| Liste des participants | 103 |
|-------------------------------|------------|

| | |
|--------------------------|------------|
| Liste des auteurs | 110 |
|--------------------------|------------|

Analyse critique et suivi de la performance des réparations de surface des éléments de béton du Pont Champlain

Stéphanie Blanchard * ¹, Richard Gagné ¹, Benoit Bissonnette ², Patrice Rivard ¹

¹ Université de Sherbrooke (CRIB-Sherbrooke) – Département de génie civil et de génie du bâtiment
2500, boul. de l'Université Sherbrooke, Québec, Canada J1K 2R1., Canada

² Université Laval (CRIB-Laval) – Département de génie civil et de génie des eaux Pavillon
Adrien-Pouliot 1065, av. de la Médecine Université Laval Québec (Québec) G1V 0A6 Canada, Canada

Le pont Champlain reliait Montréal, la plus grande métropole du Québec, à la rive Sud en franchissant le Fleuve St-Laurent. Il était traversé quotidiennement par plus de 150 000 véhicules. C'était l'un des ponts ayant le plus grand nombre de passages quotidiens de véhicules au Canada. Il est actuellement en phase de démolition.

Inauguré en 1962, le pont Champlain a fait l'objet de diverses réparations et renforcements au fil du temps avant d'en arriver à sa fin de vie utile. Les ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI) ont mis sur pied un programme de recherche et développement à la disposition des entités de recherche canadienne dans l'intention d'améliorer la performance et la durabilité des infrastructures similaires.

À partir de sa déconstruction, des éprouvettes pleine grandeur, endommagées par des conditions de service réelles et dont les réparations ont été utilisées sur des substrats parfaitement représentatifs et dans des conditions réelles de mise en œuvre, seront mises à la disposition des équipes de recherche.

Cette communication présentera le pont Champlain, son système structural et quelques caractéristiques de conception à l'origine d'importants enjeux de durabilité et de réparations. Un projet de recherche en cours sur l'analyse critique et le suivi de la performance des réparations de surface des éléments de béton sera aussi présenté. Ces travaux de recherche comportent trois volets soit : une cartographie des dommages, des relevés non destructifs et des essais en laboratoire afin d'évaluer la performance des réparations de surface des éléments de béton. Dans le but de mettre en valeur l'ensemble des données, nous envisageons également d'expérimenter la fusion de données à partir de nos résultats. Les résultats de cette recherche permettront d'améliorer le suivi des ouvrages et aider les gestionnaires comme PJCCI dans la prise de décision lors de la surveillance et la maintenance des ouvrages.

Mots-Clés: Pont Champlain, performance des réparations, réparation de surface, durabilité, relevé non destructif, Fusion de données

*Intervenant

Analyse du risque lié à l'estimation non-destructive de la résistance du béton dans les constructions existantes

Khoudja Ali Benyahia * ¹, Zoubir-Mehdi Sbartai *

², Mohamed Ghrici ³, Said Kenai ⁴, Denys Breysse ⁵

¹ Département de la Technologie, Université Djillali Bounaama (UDBKM) – Université Djillali Bounaama, 44225 Khemis-Miliana, Algérie

² I2M, UMR 5295, Université de Bordeaux, 33405 Talence, France (I2M,UMR) – Université de Bordeaux – Université de Bordeaux, 33405 Talence, France

³ Département de Génie Civil, Université Hassiba Benbouali (UHBC) – Université Hassiba Benbouali, 02000 Chlef, Algérie

⁴ Department de Génie Civil, Université Saad Dahleb (USDB) – Université Saad Dahleb, 09000 Blida, Algérie

⁵ I2M, UMR 5295, Université de Bordeaux (I2M,UMR) – Université de Bordeaux – Université de Bordeaux, 33405 Talence, France

L'estimation non-destructive de la résistance du béton dans la structure est indispensable pour évaluer la capacité structurale des constructions existantes. L'erreur de l'estimation de la résistance est souvent quantifiée à partir de la distance entre les valeurs moyennes des résistances mesurées et celles estimées. L'approche commune de l'ingénierie est souvent considérée cette valeur moyenne de résistance comme valeur vraie et aucune information apportée sur l'intervalle d'incertitude contenant cette valeur. Les multiples niveaux des incertitudes dues au mesurage et de la statistique sur cette estimation rendent impossible d'estimer la valeur vraie. L'effet de l'intervalle des incertitudes sur la probabilité d'échec des estimations (notée ici risque) avec une tolérance visée fait l'objet de développer dans la présente étude une méthodologie de l'estimation non-destructive de la résistance du béton dans les ouvrages existants. Le présent travail s'appuie sur des données de site (résistances de carottes, des indices du Rebond et des vitesses d'Ultrason) collectées d'un cas d'études réel. L'analyse des résultats a permis d'identifier en situation réelle de terrain le pourcentage de risque lié à l'incertitude finale engendrée par le nombre de carottes sur la qualité de l'estimation en utilisant deux méthodes de CND (séparée et combinée) avec deux stratégies de carottage (aléatoire et conditionnel).

Mots-Clés: structure existante, estimation non, destructive, résistance, incertitude, risque.

*Intervenant

Analyse modale pour le contrôle de conteneurs de déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue

Jesus Eiras * ¹, Agustin Spalvier ², Cédric Payan ³, Sandrine Rakotonarivo ¹, Vincent Garnier *

1

¹ Aix-Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, LMA, Marseille, France (LMA) – CNRS : UMR7031 – 4 Impasse Nikola Tesla, 13013, Marseille, France

² Instituto de Estructuras y Transporte - Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Julio Herrera y Reissig 565, 11300 Montevideo, Uruguay (Fing-UdelaR) – Universidad de la República, Julio Herrera y Reissig 565, 11300 Montevideo, Uruguay, Uruguay

³ Aix-Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, LMA, Marseille, France (LMA) – CNRS : UMR7031 – 4 Impasse Nikola Tesla, 13013, Marseille, France

Dans cette étude, des analyses modales sont réalisées sur des démonstrateurs de conteneurs de déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue (MA-VL), ayant suivi différents processus de dégradation : exposition au feu ou chute mécanique. Les tests réalisés ont consisté en la détermination des fréquences de résonances et des formes modales ainsi que du comportement élastique non linéaire avec l'aide d'un marteau instrumenté. Différentes alternatives pour détecter, localiser et quantifier la sévérité des endommagements à partir des mesures des propriétés dynamiques sont aussi proposées. Les résultats montrent que la mesure des propriétés dynamiques linéaires et non linéaires est une alternative faisable pour l'évaluation des propriétés mécaniques des conteneurs, leur contrôle et suivi.

Mots-Clés: Analys modale, déchets radioctifs, acoustique non linéaire, contrôle non destructif

*Intervenant

Analyse post-défaillance d'ouvrages via l'argumentation abstraite imprécise

Franck Taillandier * ¹, Cédric Baudrit ², Claudio Carvajal ¹, Bruno Beulac ¹, Benjamin Delhomme ³

¹ Risques, Ecosystèmes, Vulnérabilité, Environnement, Résilience (RECOVER) – Aix Marseille Université, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement – 3275 Route de Cézanne CS 40061 13182 Aix en Provence Cedex 5, France

² Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5295, Arts et Métiers Sciences et Technologies, Université de Bordeaux, Institut polytechnique de Bordeaux, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement – F-33400 Talence, France

³ Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M) – Université de Bordeaux, Institut polytechnique de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5295 – Site ENSCBP Bât A 16 avenue Pey-Berland 33607 Pessac Cedex, France

Les ouvrages de génie civil, et notamment ceux en béton et béton armé, sont régulièrement confrontés à des défaillances pouvant conduire à des conséquences catastrophiques. Il est important après une défaillance de pouvoir identifier les origines et l'enchaînement des facteurs qui ont mené à celle-ci (ingénierie forensique). Aujourd'hui l'analyse post-défaillance prend généralement la forme de rapports établis par des comités d'experts. Mais les rapports ne témoignent souvent que du résultat des échanges entre les experts sans faire apparaître le processus de construction de la théorie avancée. Cela limite les connaissances qui peuvent être transmises au travers de ce rapport.

Nous proposons d'utiliser l'argumentation abstraite pour formaliser la construction du processus de réflexion des experts. Un système d'argumentation abstraite est un graphe orienté composé d'un ensemble d'arguments et d'une relation binaire représentant des attaques entre arguments. Il permet de réaliser des inférences sur les graphes d'arguments afin (1) d'assurer la traçabilité des réflexions et discussions, (2) de mettre en évidence les points de désaccord et les théories alternatives apparues dans l'expertise, (3) de définir les arguments acceptables et ceux qui ne le sont pas, enfin (4) d'expliquer les différents points de vue. Une limite de ce modèle est qu'il présuppose que tous les arguments se valent et sont justes. Pour prendre en compte les incertitudes, nous proposons une approche qui couple l'argumentation abstraite avec la théorie des probabilités imprécises. Les probabilités imprécises vont permettre d'intégrer les doutes des experts quant aux arguments proposés et leurs éventuels désaccords.

Afin de montrer le fonctionnement de l'approche et son intérêt, nous allons nous intéresser à un cas d'étude réel qui sera analysé par la méthode proposée.

Mots-Clés: Analyse forensique, Argumentation abstraite, Probabilités imprécises

*Intervenant

Anticiper et Définir les Besoins en END pour l'auscultation en génie civil

François Paillette *[†] ¹, Vincent Garnier *[‡] ², Bertrand Collin[§] ³

¹ Centre d'Etudes des Tunnels (CETU) – Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire – 25 avenue François Mitterrand 69500 BRON, France

² Aix Marseille Université, Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LCND) – Ministère chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche – 13 625 Aix en Provence Cedex 1, France

³ SITES (SITES) – IMGC – 95-97 avenue Victor Hugo 92500 Rueil-Malmaison, France

La COFREND a créé en 2016 le groupe de travail END&GC pour impulser une dynamique aux ENDS dans le domaine du génie civil au regard du retard par rapport aux domaines de l'acier ou de l'aéronautique.

Quatre axes de travail ont été définis pour fédérer et communiquer, anticiper et définir les besoins, qualifier les techniques et qualifier les personnels.

Le groupe de travail " Anticiper et Définir les Besoins " est constitué de représentants de gestionnaires, de l'ingénierie publique et de l'ingénierie privée. Il vise à identifier pour tous les types de structures et leurs gestionnaires les attentes en termes d'auscultations par objectifs, par techniques et par essais non destructifs

Après un rappel du vocabulaire utilisé et des limites du champ d'application, les travaux consistent à recenser les principaux domaines et leurs différentes structures de génie civil pour lesquelles des auscultations sont nécessaires, ceci aux différentes phases de la vie des ouvrages.

Ce recensement permet d'identifier des besoins spécifiques que l'on peut ou que l'on voudrait satisfaire par les essais et contrôles non-destructifs.

Ensuite, les différentes ENDS utilisables en génie civil sont décrites en rappelant leurs principes, leurs performances et limites, les applications courantes ou spécifiques. Et enfin, les besoins et les techniques sont mis en lien à travers un tableau croisé.

A partir de ces connexions, nous identifions des besoins de recherche et développement, lorsque l'adéquation n'est pas satisfaisante, et nous définissons des besoins de qualification et certification, lorsqu'une bonne adéquation est constatée.

Mots-Clés: END, génie civil, diagnostic, surveillance, gestionnaire, ingénierie, Cofrend

*Intervenant

[†] Auteur correspondant: francois.paillette@developpement-durable.gouv.fr

[‡] Auteur correspondant: vincent.garnier@univ-amu.fr

[§] Auteur correspondant: bertrand.collin@sites.fr

Apport de l'auscultation pour le suivi de l'effet thermique des barrages en béton compacté au rouleau

Bouchrit Rouissat * ¹, Nadia Smail ¹

¹ Université Aboubekr Belkaid - University of Belkaïd Abou Bekr [Tlemcen] (UABBT) – 22, Rue Abi Ayed Abdelkrim Fg Pasteur B.P 119 13000, Tlemcen, Algérie

Les barrages poids en béton conventionnel vibré BCV ont été, progressivement, substitués par ceux en béton compacté au rouleau BCR. La raison se trouve, en outre, dans la réduction relative des contraintes thermiques. Toutefois, cet aspect demeure, à l'heure actuelle, une préoccupation pour les concepteurs, que se soit en phase de réalisation ou d'exploitation du barrage. Dans ce type de barrage, et tenant compte des volumes importants de béton, des gradients thermiques se développent durant la phase de réalisation et se poursuivent pendant l'exploitation de l'ouvrage provoquant une dilatation thermique du parement aval par rapport au parement amont qui se contracte. Il s'en suit une déformation du barrage et un déplacement du couronnement vers l'amont. La manifestation de ces phénomènes exige une auscultation rigoureuse et un suivi permanent durant les deux phases du cycle de vie du barrage.

On s'intéresse au barrage de Béni Haroun en BCR, situé à l'Est de l'Algérie. Il s'agit d'un barrage totalisant 120 m de hauteur, 710 m de longueur en crête. Le volume de la retenue est de 963 millions de m³ pour un volume de BCR de 1.4 millions de m³. Son dispositif d'auscultation est composé de 6 thermomètres d'eau, 123 thermo sondes répartis sur huit sections pour le contrôle de la température du béton, 6 sections de mesures des déformations équipées de pendules directes et inversés, 56 appareils de mesures pour joints tridimensionnels, 8 extensomètres pour le contrôle de déplacements, 40 piézomètres à corde vibrantes et 23 piézomètres à ciel ouvert.

Tenant compte de l'ampleur de l'ouvrage, de ses grands enjeux sécuritaires, notre contribution traite de l'analyse du dispositif particulier d'auscultation du barrage. Ce dispositif doit permettre le diagnostic de son comportement à travers la pertinence des paramètres mesurés et interprétés. Aussi, il sera abordé, d'une manière plus détaillée, l'analyse de l'effet thermique à travers l'auscultation des températures du béton. Ce paramètre a enregistré, lors de la mise en œuvre du béton, des valeurs dépassant les 34°. Un dernier volet englobera un panorama historique des mesures préconisées lors de la réalisation du barrage pour la maîtrise de l'effet thermique.

Mots-Clés: Barrage, béton, BCR, diagnostic, auscultation, température

*Intervenant

Apport de l'émission acoustique à la caractérisation du développement de la Réaction Alkali-Granulats (RAG) dans les structures en béton

Narintsoa Ranaivomanana ^{*† 1}, Florian Ouvrier-Buffer ², Jean-Paul Balayssac ¹, Vincent Garnier ², Cédric Payan ², Benoît Durville ³

¹ Université de Toulouse, UPS, INSA, LMDC, (UPS, INSA, LMDC,) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – 135 avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex 4, France

² Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique [Marseille] (LMA) – Aix Marseille Université : UMR7031, Ecole Centrale de Marseille : UMR7031, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7031 – 4 impasse Nikola Tesla CS 4000613453 Marseille Cedex 13, France

³ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) – Ministère de l'Écologie, du Développement durable et du Transport, Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, ministère énergie, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et du Transport – Cadarache. BP 3. 13115 Saint-Paul-Lez-Durance Cedex, France

La Réaction Alkali-Granulats ou RAG fait partie des pathologies internes du béton pouvant créer des désordres avec des conséquences plus ou moins importantes telles que des fissurations ou encore une chute des performances mécaniques. Plus particulièrement, l'apparition de fissures constitue un accès possible aux différents agents agressifs pouvant ainsi à leur tour affecter la durabilité des ouvrages atteints. Cela peut devenir très problématique notamment lorsqu'il s'agit d'ouvrages sensibles tels que les installations liées à la production d'énergie par le nucléaire. Le fait que les effets des dégradations par la RAG commencent à être visibles à l'œil nu indique que la réaction est déjà dans un stade de développement avancé. Parmi les enjeux majeurs du Contrôle Non Destructif (CND), il s'agira notamment de pouvoir détecter l'apparition de cette pathologie à un stade précoce mais également de comprendre et caractériser la façon dont elle se développe dans un ouvrage atteint.

L'Emission Acoustique (EA) est mise à profit dans cette étude pour répondre à ces objectifs à travers la réalisation de deux essais. Le premier essai consiste à comparer le développement de la RAG dans des éprouvettes soumises à deux conditions de gonflement différentes : libre ou empêché. L'intérêt est de pouvoir montrer à travers l'EA que les activités acoustiques d'éprouvettes atteintes de RAG sont ostensiblement différentes selon les conditions de gonflement. Ceci permet notamment de conforter l'hypothèse selon laquelle l'application d'une contrainte induit une anisotropie du gonflement par la RAG et donc de l'endommagement du fait d'une orientation préférentielle des microfissures. Le second essai consiste à faire le monitoring d'un bloc de béton réactif de grande taille (40*40*40 cm). Le but est de tester la capacité de l'EA à détecter précocement l'apparition de la RAG et à caractériser son développement en conditions maîtrisées mais plus proches de celles d'un vrai ouvrage, en tenant compte des phénomènes tels que l'atténuation

*Intervenant

†Auteur correspondant: ranaivom@insa-toulouse.fr

des ondes ou le gonflement empêché du béton situé au cœur du bloc par le béton de peau enveloppant.

Mots-Clés: Emission Acoustique, Réaction Alkali, Granulats, béton, CND, monitoring

Assessment of the quality of fiber-reinforced self-compacting concrete (SCC) by means of non-destructive methods (NDT) and direct methods

Noura Djebri * ¹, Zineelabidine Rahmouni *

¹, Soufienne Mostefai ²

¹ Geomaterials Development Laboratory (LDGM) – University of M'Sila, Algérie

² Department of Civil Engineering (UMSILA) – University of M'Sila, Algérie

Self-compacting concretes (SCC) are concretes which, in the fresh state, are characterized by a fluidity such that, by the sole effect of their own weight and without additional compaction energy, they are able to completely fill the formwork. Their composition with a volume of pulp greater than that of ordinary concretes increases their sensitivity to cracking. The addition of metal fibers improves their mechanical properties. The aim of this study is to propose simple correlations between sclerometer tests, ultrasonic velocity and compressive strength on concretes based on local materials and for resistances reflecting the current practices of construction sites in Algeria. The results obtained gave acceptable correlations.

Mots-Clés: Self, compacting concrete (SCC), Metal fibers, Mechanical properties, Rheological properties, Non, destructive methods, Correlation.

*Intervenant

Assessment of the quality of self-compacting concrete (SCC) based on local materials exposed to high temperature by means of non-destructive methods (NDT) and direct methods

Noura Djebri ^{*† 1}, Zineelabidine Rahmouni ^{*}

¹, Malika Fali ², Faiza Gharbi ²

¹ Geomaterials Development Laboratory (LDGM) – University of M'Sila, Algérie

² University of M'Sila (UMSILA) – University of M'Sila, Algérie

Self-compacting concretes are characterized by their high fluidity so that they can be applied without vibration. Like all concrete; self-compacting concrete is strongly influenced by fires. The objectives of this subject is the apprehension of the various techniques for evaluating the resistance of concrete by destructive and non-destructive methods, to obtain practical expressions evaluating the resistance of self-compacting concretes exposed to high temperature with addition of three fillers (limestone filler, marble powder and silica fume) in 10% percentages with each filler and 2% additive, and check the reliability of non-destructive tests (Ultrasonic - Rebound hammer) by adding to the direct crash test.

Non-destructive tests (Ultrasonic and Rebound hammer) which remain effective means for evaluating the resistance of concrete and judging its quality on site; in order to circumvent the disadvantages of destructive methods, hence the structure can be controlled without modifying either its performance or its appearance with all speed and simplicity.

The study has shown that it is possible to develop relationships of good correlation between compressive strength by crushing and the corresponding non-destructive measurement (ultrasonic velocity or Rebound hammer index) for all the self-compacting concretes examined. And that all the developed correlations having the exponential form for the ultrasonic velocity and the linear for the Rebound hammer index with different correlation coefficients. It is also observed that the SCCs based on marble powder have the highest correlation coefficient. Whereas, the lowest coefficient is observed in the case of SCCs based on silica fume.

Mots-Clés: Self, compacting concrete (SCC), high temperature, Fillers, Mechanical strength, De-

*Intervenant

†Auteur correspondant: noura.djebri@univ-msila.dz

structive methods, Non, destructive methods, Correlation.

Auscultation des zones d'interface des remblais des barrages en terre avec les ouvrages en béton par les capteurs de pressions totales

Nadia Smail * ¹, Bouchrit Rouissat ¹

¹ Université Aboubekr Belkaid - University of Belkaïd Abou Bekr [Tlemcen] (UABBT) – 22, Rue Abi Ayed Abdelkrim Fg Pasteur B.P 119 13000, Tlemcen, Algérie

La surveillance des barrages par l'auscultation vise principalement à suivre les évolutions du comportement du barrage et permet de décider de la nature et de l'urgence des interventions de maintenance ou de réparation. Elle doit permettre de comparer le comportement de l'ouvrage par rapport aux prévisions du projet, que ce soit pour vérifier certaines hypothèses de calcul, pour valider les résultats de ces calculs ou pour vérifier la pertinence de tel ou tel choix technique. Quel que soit leur type, les barrages sont soumis à plusieurs mode de dégradations : dissolution et érosion, dégradation des rideaux d'injection et des réseaux de drainage, déformation, perte de résistance, augmentation des sous-pressions et modification de contraintes, érosion interne, instabilité mécanique, augmentation des pressions interstitielles (Pendant la construction et en phase d'exploitation)...etc.

En relation avec les aspects sécuritaires, le phénomène d'infiltration dans le corps du barrage et autour des ouvrages en béton et conduites doit être strictement contrôlé. Ces phénomènes sont à l'origine de plus de 30% des ruptures des barrages enregistrées.

On s'intéresse au barrage de Boughrara, situé au nord ouest de l'Algérie, juste à l'amont de la ville de Hammam Boughrara. Il s'agit d'un barrage zoné à noyau central en argile d'une hauteur hors fondations de 60 m. Le présent papier englobe deux parties fondamentales. La première concerne une analyse du dispositif d'auscultation global du barrage et la pertinence des paramètres mesurés en relation avec les enjeux de sécurité. Dans une seconde phase, on traitera de l'analyse de l'évolution des pressions totales dans les interfaces des remblais avec les ouvrages en béton armé, en l'occurrence, la galerie de dérivation provisoire ainsi que la zone de l'évacuateur de crue du barrage. Cette analyse de l'évolution des pressions totales, mesurées pendant 14 années, est conjuguée à celle des valeurs mesurées des pressions interstitielles et des charges des remblais y afférentes. Ce couplage de contraintes a permis de réaliser un diagnostic de l'ouvrage et un jugement sur la validation de son comportement général.

Mots-Clés: Barrage, auscultation, diagnostic, béton, pressions interstitielles, pressions totales.

*Intervenant

Blind separation of radar surface wave using split spectrum processing and matching pursuit algorithms for cover concrete evaluation

Nadjib Kemache ^{*† 1}, Morad Grimes ^{* ‡ 1}, Zoubir-Mehdi Sbartai ^{* § 2}

¹ NDT-LAB (NDT-LAB) – NDT-Lab Jijel University, Algérie

² I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

The spectral analysis of radar surface wave (SARSW) method is one of useful technique for non-destructive evaluation of cover concrete. It consists of the generation, measurement and processing of dispersive surface waves. Because the surface and the air waves are closely spaced in time domain, the usual method that take only the positive part of surface wave leads to erroneous dispersion curves. The present work presents a new method for determining dispersion curves using the split-spectrum processing (SSP) and the matching pursuit signal decomposition (MP) algorithms. The SSP algorithm is used for Signal-to-Noise Ratio (SNR) enhancement, and the MP algorithm is used to decompose the received radar signals into a linear expansion of elementary waves and estimate their parameters. Both numerical and experimental tests are performed to verify the effectiveness and the reliability of the proposed method.

Mots-Clés: cover concrete, ground penetrating radar, spectral analysis of surface wave, split spectrum processing, matching pursuit.

*Intervenant

†Auteur correspondant: nadjibkemache@yahoo.com

‡Auteur correspondant: moradgrimes@univ-jijel.dz

§Auteur correspondant: zoubir-mehdi.sbartai@u-bordeaux.fr

CREEP BEHAVIOR OF CULTURAL MASONRY HERITAGE BY MEANS OF "STRUCTURE FROM MOTION METHOD"

Andrea Armonico * ¹, Alessio Cascardi ², Marco Francesco Funari ^{3,4},
Francesco Micelli ⁵, Emmanuel Ferrier ¹

¹ Laboratoire des Matériaux Composites pour la Construction (LMC2) – Université Claude Bernard -
Lyon I : EA7427 – 82 bd Niels Bohr Doua 69622 Villeurbanne Cedex, France

² Construction Technologies Institute, CNR - Italian National Research (ITC) – via Lembo 38/B, 70124
Bari, Italie

³ Department of Civil Engineering, University of Calabria (UniCal) – Via P. Bucci, Cubo39B, 87030
Rende, Cosenza, Italy, Italie

⁴ School of Science and Engineering, University of Dundee, Dundee, United Kingdom (UOD) –
Nethergate, Dundee DD1 4HN, United Kingdom, Royaume-Uni

⁵ Department of Innovation Engineering, University of Salento (UniLe) – Università degli Studi del
Salento Piazza Tancredi, 7 – 73100 LECCE, Italie

The masonry structures demonstrated to be vulnerable to seismic actions and long-term effect in the past decades. Nowadays, numerous advanced analyses and strengthening solutions are available for the safety conservation of the buildings. The creep effect is very deleterious since it may produce the collapse of the structure in a fragile way and without any alerts. Dramatic, but explanatory is the case of the San Marco bell tower in Venezia; which suddenly collapsed without warning signs like cracks. This particular failure is strongly related to the global deformation of the structure. For this reason, the monitoring of the safety-state is linked to the geometric survey.

The "structure from motion" method (SFM) is based on the photo's elaboration of the building for the computer graphic processing. The outcome is the accurate geometry of the target, as largely demonstrated in the literature. It is commonly used for structural analysis aimed to the seismic vulnerability assessment. The present study reports on an SFM application referring to an ancient masonry church. The innovative contribution consists of the indoor and outdoor surveying. The two different surfaces were aligned and matched. The main result was the solid model of the building; which was then compared with an available survey in order to monitoring the creep-state. The proposal can be considered a pilot-case for the "*building watch*" programming aimed to the cultural heritage preservation.

Mots-Clés: Survey, Monitoring, Drone, Seismic, Heritage, Masonry.

*Intervenant

Comparative study of different approaches for the mechanical resistance assessment of the concrete using the NDT methods

Laid Baali * ^{1,2}, Ahmed Amour ¹, Larbi Belagraa ^{1,3}

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Technology (FT) – Med Boudiaf University of M'sila, Algérie

² Laboratory of Materials and Mechanics of Structures (LMMS) – Med Boudiaf University of M'sila, Algérie

³ Laboratory of Materials and Electronic Systems (LMES) – Bordj Bou Arreridj University, Algérie

In the absence of a local standard defining the use of an approach for the evaluation of the mechanical resistance of concrete by the means of the non-destructive test methods (NDT). Laboratories and design offices as well as consulting quality control bodies utilize one approach assessment on their own way dealing with this subject of the mechanical response in despite of others. But, in reality that could be without scientific and technological conviction or obvious argument at the expense of other more reliable approaches for the NDT use on site concrete quality control.

Hence the need to compare these approaches to highlight their convenience or incompatibility with regard to the concrete quality control in its real local environment could be of major interest in the present study.

The main objective of this investigation focuses on the prediction of a suitable correlation model with a best fit among these approaches (Tanigawa, Yamada, Kosaka- Feret-Cur.18. Tno-PAYS, BAS) for the evaluation of the resistance using the NDT methods. The coupling of the ultrasonic and rebound hammer tests is performed for the measurement purposes in such assessment of the concrete strength.

Mots-Clés: Approach, mechanical resistance, concrete quality, NDT methods, correlation model

*Intervenant

Conception d'un capteur Anneau en circuit imprimé basé sur la résistivité électrique pour évaluer les profils de teneur en eau dans le béton

Joanna Badr ^{*† 1}, Jean-Paul Balayssac ², Géraldine Villain ¹, Sérgio Palma-Lopes ³, Yannick Fargier ⁴

¹ Laboratoire Auscultation, Modélisation, Expérimentation des infrastructures de transport (MAST-LAMES) – Université Gustave Eiffel – Allée des Ponts et Chaussées Route de Bouaye 44344 Bouguenais Cedex, France

² Université de Toulouse, UPS, INSA, LMDC, (UPS, INSA, LMDC,) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – 135 avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex 4, France

³ Laboratoire Géophysique et évaluation non destructive (GERS-GeoEND) – Université Gustave Eiffel – Allée des Ponts et Chaussées Route de Bouaye 44344 Bouguenais Cedex, France

⁴ Risques Rocheux et Ouvrages géotechniques (GERS-RRO) – Université Gustave Eiffel – 25, avenue François Mitterrand, Case24 Cité des mobilités F-69675 Bron Cedex, France

La teneur en eau est un paramètre conditionnant le développement des dégradations des structures en béton armé telles que la corrosion des armatures. Afin de surveiller le profil de teneur en eau sur une grande épaisseur d'une structure en béton, cet article présente le développement d'un capteur multi-électrodes en utilisant la résistivité électrique comme méthode de mesure. Le capteur développé se présentant sous la forme d'un anneau, conçu en circuit imprimé et placé à une profondeur donnée, a l'avantage de moyenniser plusieurs configurations de mesure entre les électrodes à cette profondeur. Une étude numérique est réalisée pour valider la réponse du capteur en comparant les profils de résistivité apparente obtenus numériquement dans différentes configurations de mesure avec le profil de résistivité imposé. De plus, des validations expérimentales utilisant des solutions salines de conductivité connue ainsi que des éprouvettes de béton soumises au séchage sont présentées. Les résultats démontrent la capacité de l'Anneau à surveiller les profils de résistivité dans le béton pendant le séchage.

Mots-Clés: Capteur noyé, teneur en eau, résistivité électrique, structures en béton

*Intervenant

†Auteur correspondant: joanna.badr@hotmail.com

Confortement des bâtiments pathologiques d'avicultures

Ali Ellouze ^{*†} ¹, Slah Bouraoui[‡] ², Samir Medhioub ^{* §} ^{2,3}

¹ Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS) – Sfax, Tunisie

² Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT) – Rue Béchir Salem Belkhiria Campus universitaire, BP 37, 1002, Le Bélvédère, 1002, Tunis, Tunisie

³ Alfa Group (ALFA) – Route de Mahdia km10, Sfax, Tunisie

La négligence et/ou l'omission des essais de contrôle de qualité des matériaux utilisés dans les constructions peuvent être l'origine de problèmes multiples et nuire manifestement en cas d'inadéquation, non seulement à la longévité escomptée de l'ouvrage mais également à ses prérogatives fonctionnelles et économiques. Les sept bâtiments d'avicultures bâtis en 2017, du centre d'élevage Gleja2 sis à Sfax-Tunisie présentent des désordres pathologiques prononcés : éclatement du béton de fondation, fissuration, décrochement et balancement des entités des bâtiments,...Les causes principales des dits désordres se résident dans l'utilisation d'un sable à forte teneur en gypse avec un ciment CPC1, et absence de drainage des eaux de lavage ainsi qu'un sous dimensionnement des éléments structuraux (longrine, fût, etc.). Ces bâtiments à caractère industriel (structure mixte) ont une surface chacune de 1800m² (120m x 15m), leurs restaurations a nécessité une étude structurale judicieuse et un procédé de reprise sous-œuvre spécifique. En fait, tous les travaux de fondation et de la chape ont été exécutés en gardant l'enveloppe extérieure du bâtiment, la structure métallique et sa couverture en panneaux sandwich.

Mots-Clés: pathologie, confortement, essais, contrôle, qualité

*Intervenant

†Auteur correspondant: ali.ellouze@enit.rnu.tn

‡Auteur correspondant: bouraoui999@yahoo.fr

§Auteur correspondant: samir.medhioub@gmail.com

Contribution à l'étude du comportement des bétons confinés par PRF

Mohammed El Youbi *† ¹

¹ Laboratoire : "Etude des Matériaux Avancés et Applications (LEM2A) – ESTM Km 5, Rue d'Agouray, P1, Meknes 50040, Maroc, Maroc

En Génie civil, Les ouvrages en béton armé demeurent en bon état après plus d'un siècle d'exploitation, Malgré tout, plusieurs types de désordres sont responsables à réduire la durée de vie prévisionnelle de la structure, ces désordres sont dus à une pathologie structurelle, des défauts de résistance suite à un chargement excessif ou des dégradations de matériaux.

Après diagnostic et contrôles diverses, et afin de garantir la sécurité des usagers. Il est indispensable de procéder à des méthodes de réparation / renforcement des éléments structuraux, les techniques de renforcement des structures en béton armé au moyen de matériaux composites se sont révélés être plus efficace, comparativement aux anciens procédés de renforcement (Chemisage en acier), Le chemisage par PRF confine le noyau du poteau et permet d'augmenter sa résistance et sa ductilité.

L'objectif du présent travail de recherche, est de contribuer à l'étude du comportement des bétons confinés pour reproduire analytiquement et /ou numériquement sa réponse mécanique réel, Un processus d'identification des paramètres du modèle est proposé sur la base d'essais classiques, Les modèles proposés sont également discutés et comparés à différentes modélisations de la littérature.

Mots-Clés: Renforcement, Béton confiné, PRF, modélisation

*Intervenant

†Auteur correspondant: m.elyoubi@est.umi.ac.ma

Contrôle de la géométrie d'alvéoles de stockage de déchets radioactifs par fibres optiques

Arianna Piccolo* ¹, Yann Lecieux ^{† 1}, Dominique Leduc ¹, Sylvie Delepine-Lesoille ²

¹ Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GEM) – Université de Nantes, CNRS: UMR6554 – Faculté des Sciences et Techniques 2, Rue de la Houssinière BP 92208 44 322 NANTES Cedex 03, France

² Société Sodern (SODERN) – Université de Nantes, CNRS: UMR6554 – Limeil-Brévannes, France

Cette étude vise à démontrer la faisabilité de la mesure de variation de section d'alvéoles destinées au stockage de déchets radioactifs avec des capteurs de déformations à fibres optiques, en exploitant la diffusion Rayleigh. La solution proposée ne restreint pas la section utile des alvéoles et est compatible avec un usage en environnement sévère. La diffusion Rayleigh permet d'effectuer des mesures réparties permettant d'obtenir plus de données que les méthodes classiques de mesure de déformation basées la plupart du temps sur des mesures ponctuelles. Les mesures de déformations circonférentielles des alvéoles sont exploitées par analyse inverse, grâce à un modèle éléments finis, pour calculer la variation de section. Les performances de la méthode proposée sont ensuite évaluées d'abord en surface grâce à des essais menés sur un démonstrateur réalisé à l'échelle une en avant d'être testée sur une alvéole réelle en acier situé dans les galeries souterraines du laboratoire de Bure.

Mots-Clés: Capteurs à fibre optique, Détection de forme, Tunnel, Mesure répartie, Analyse inverse

*Auteur correspondant: arianna.piccolo@etu.univ-nantes.fr

[†]Intervenant

Contrôle et évaluation in-situ des ouvrages en béton par spectrométrie diélectrique micro-ondes

François Demontoux * ¹, Zoubir-Mehdi Sbartai ², Thomas Coupeys ¹, Yifan Wang ¹

¹ Laboratoire de l'intégration, du matériau au système (IMS) – Institut polytechnique de Bordeaux, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5218, Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – 33405 TALENCE CEDEX, France

² I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

La spectrométrie diélectrique est une technique de mesure permettant de mesurer la permittivité d'un matériau en fonction de la fréquence. A partir de la mesure de la permittivité il est possible d'obtenir d'autres grandeurs telles que l'humidité, la salinité ou la densité.

La mesure sur une plage de fréquence suffisante permet le traitement des données afin d'obtenir la réponse temporelle du matériau à une excitation par un pulse électromagnétique. Dans ce cas il est possible de détecter et d'analyser des défauts dans le matériau. Le déplacement de l'instrument de mesure permet de scanner successivement en profondeur plusieurs endroits du matériau et de reconstruire une coupe 2D de la structure.

Le choix de la fréquence d'étude est primordial afin de garantir une bonne profondeur d'auscultation et la bonne inversion des données pour obtenir les paramètres physiques désirés d'un matériau considéré.

Dans notre cas nous souhaitons accéder à l'humidité, la densité et la salinité des bétons sur une profondeur pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres. Ainsi, la bande de fréquence optimale choisie va de 100MHz à 3GHz.

L'instrumentation nécessaire pour mettre en œuvre cette technique de mesure repose sur un analyseur de réseau vectoriel et une antenne.

L'instrumentation que nous avons développée permet d'effectuer des mesures in-situ. Tous les instruments placés sur un site sont en réseau et s'échangent les informations. L'un d'eux a une fonctionnalité hotspot c'est-à-dire qu'il peut stocker les informations récoltées et les envoyer vers un cloud internet via une liaison Ethernet, wifi ou 4G. Une application nous permet depuis un ordinateur connecté à internet de récupérer les données et de les visualiser dans le domaine fréquentiel ou temporel.

Afin de pouvoir déployer ces instruments nous avons travaillé à la réduction des coûts qui, actuellement ne dépasse pas les 700 euros. Des travaux de conception d'une nouvelle carte électronique

*Intervenant

nous permettront de réduire de 300 euros le coût d'un instrument.

Nous présenterons des résultats de campagnes de mesures in-situ de propriétés physiques de structures bétons.

Mots-Clés: CND, bétons, spectrométrie, in, situ, micro, ondes

Couplage entre l'auscultation et la modélisation numérique pour l'analyse et la prédiction du comportement des barrages en terre

Leyla Harbi * ¹, Nadia Smail *

¹, Bouchrit Rouissat *

1

¹ Université Abou-Bakr Belkaïd Tlemcen, Laboratoire RISAM (UABB) – 22, Rue Abi Ayad Abdelkrim, Fg Pasteur B.P 119 Tlemcen, Algérie

Un barrage est conçu et réalisé selon un dossier technique à partir des règlements en vigueur. En revanche, après sa mise en eau, son comportement hydraulique et mécanique peut diverger de celui qui a été prévu lors de sa conception. Le cas du barrage zoné à noyau central Izdihar, à Sidi Abdelli, dans le nord ouest de l'Algérie, d'une hauteur de 65 m a été considéré. En s'articulant conjointement sur les mesures d'auscultation et sur la modélisation numérique en éléments finis, une comparaison a été élaborée en vue de juger le comportement de l'ouvrage, en particulier, en ce qui concerne la piézométrie. Aussi, et dans l'objectif de la prédiction du comportement du barrage, un modèle réseaux neurones artificiels RNA a été intégré. Les diverses analyses montrent plus de fiabilité dans les résultats du modèle réseaux neurones se rapprochant d'avantage des valeurs mesurées. Les valeurs obtenues du coefficient de régression et de l'erreur quadratique moyenne témoignent de la performance du réseau neurones artificiels dans la prédiction du comportement du barrage. Une divergence plus marquée est constatée entre les valeurs mesurées et celles du modèle numérique.

Mots-Clés: RNA, barrage, auscultation, piézométrie, modélisation numérique.

*Intervenant

De la modélisation numérique 2D à l'imagerie pour la caractérisation non destructive des bétons

Jean-François Chaix *^{1,2}, Ting Yu³, Vincent Garnier², Jean Mailhé²,
Jean-Marie Hénault³

¹ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) – CNRS : UPR7051 – Antenne CND - Université d'Aix-Marseille - 413 Avenue Gaston Berger - 13625 Aix-en-Provence Cedex, France

² Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique [Marseille] (LMA) – Aix Marseille Université : UMR7031, Ecole Centrale de Marseille : UMR7031, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7031 – 4 impasse Nikola Tesla CS 4000613453 Marseille Cedex 13, France

³ EDF Prisme (EDF Prisme) – EDF Recherche et Développement – 6 quai Watier 78400 Chatou, France

Les techniques ultrasonores sont utilisées pour la surveillance des structures de génie civil, généralement composées béton armé. Le béton est un matériau qui répond aux chargements en compression et protège les barres d'acier de renfort de l'environnement. Les barres sont intégrées dans le béton et ne sont pas directement accessibles. Ainsi, le béton est le premier matériau à explorer afin d'évaluer et d'améliorer la durabilité des structures en béton.

Le béton est un milieu hétérogène composé d'agrégats de différentes tailles et d'une matrice de mortier plus ou moins poreuse. Afin de prendre en compte ce matériau complexe une matrice de mortier viscoélastique incluant des granulats et/ou porosités est intégré dans Specfem pour simuler la propagation des ondes ultrasonores dans les milieux viscoélastiques hétérogènes incluant les phénomènes de diffusion multiple. Pour cela, nous utilisons un modèle géométrique de béton avec des cercles de différents rayons et un autre avec des polygones, dont les formes sont proches des agrégats réels en béton. La matrice de mortier inclut un modèle de comportement viscoélastique dit à facteur Q constant qui intègre une atténuation liée aux microporosités présentes. Dans une dernière étape sont introduites les armatures métallique (barres de renfort ou gaines de précontrainte) et des éléments typiques de macrodéfauts (nids de cailloux ou macro-porosités).

A partir de ce modèle numérique sont extraits les signaux ultrasonores qui peuvent être analysés pour construire des imageries du béton (SAFT et Energie Topologique) et peuvent participer à l'évaluation et au diagnostic de la structure. Le modèle numérique est validé par des essais de laboratoire sur des milieux modèles à base de résine et de tiges en alliage d'aluminium puis sur des bétons industriels et la structure VERCORS d'EDF. L'utilisation de systèmes multiéléments du commerce ou de laboratoire permet de mener des validations expérimentales et applications industrielles. Des imageries encourageantes sont proposées dans ce cadre-là et de nombreuses perspectives accompagnent ces travaux pour le CND des structures du génie civil.

Mots-Clés: Ultrasons, modélisation numérique, milieux hétérogènes, viscoélasticité, structures en

*Intervenant

béton, Contrôle non Destructifs.

Diagnostic d'une Infrastructure Linéaire Rigide - Analyse Expérimentale après Renforcement par Géogrilles

Mouloud Abdessemed ^{*† 1}, Safia Khengaoui ^{* ‡ 2}, Said Kenai ^{* § 1}

¹ Laboratoire Géo-Matériaux et Génie Civil (LGMGC)- Université de Blida1 (USDB1) – BP 270- Route Soumaa - Blida, Algérie

² Université Kasdi Merbah d'Ouargla (UKMO) – Ville d'Ouragla, Algérie

Les infrastructures linéaires destinées pour les exploitations des trafics routiers, aéroportuaires ou ferroviaires, sont assujetties à se dégrader tout le long de leur durées de vie, c'est pourquoi, elles doivent, à tout moment, être suivies et entretenues s'il ya lieu. Des diagnostics sont nécessaires en cas d'anomalies apparentes (fissures, dégradations locales, éclatements, affaissements, etc), pour déterminer précisément les causes et ainsi préconiser les solutions éventuelles et les techniques de réparation et/ou renforcement adéquates. Nous présentons dans ce papier, les résultats d'un travail d'investigation expérimentale sur le comportement dynamique par application de la masse tombante HWD, sur un tronçon de piste aéroportuaire rigide (en béton de ciment portland), et ce avant et après son renforcement par application de nappe de géogrid. Ce test expérimental est précédé par une présentation globale de l'aérodrome concerné et les étapes de diagnostic établi. L'application des géo-synthétiques semble considérée comme une solution alternative, aux autres solutions traditionnelles connues et les résultats obtenues en matières de contraintes et déformations, indiquent aussi qu'une bonne maitrise d'application de ces produits innovants dans le béton, donnent des gains appréciables et aide à obtenir un comportement ductile de la chaussée traitée par ces produits.

Mots-Clés: Chaussée, rigide, géogrid, HWD, renforcement, diagnostic, comportement, expérimental.

*Intervenant

†Auteur correspondant: abdesmoul@yahoo.fr

‡Auteur correspondant: khengaouisaf@yahoo.fr

§Auteur correspondant: sdkenai@yahoo.com

Diagnostic de la corrosion dans les structures en béton armé par mesure simultanée du potentiel de corrosion, de la résistivité du béton d'enrobage et de la résistance de polarisation des armatures

Fabrice Deby ^{*† 1}, Gabriel Samson ¹, Jean-Luc Garciaz ², Mansour Lassoued ²

¹ Université de Toulouse, UPS, INSA, LMDC, (UPS, INSA, LMDC,) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – 135 avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex 4, France
² Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux (LERM - SETEC) – -aucune- – 23 Rue de la Madeleine, 13631 Arles, France

Plusieurs méthodes d'évaluation de l'activité de corrosion existent pour les structures en béton armé : potentiel de corrosion, résistivité et résistance de polarisation. La vitesse de corrosion peut être déterminée grâce à la mesure de la résistance de polarisation tandis que les autres méthodes ne fournissent qu'une estimation du risque de corrosion. Les appareils utilisés pour déterminer la vitesse sont peu nombreux et les hypothèses de calcul souvent insuffisantes pour décrire le caractère 3D du problème.

Ce travail fait partie du projet DIAMOND (<https://www.projet-diamond.com/>) qui a permis de développer une solution technique complète et innovante de diagnostic de la corrosion. Un nouveau type de sonde a été mis au point permettant à la fois de mesurer le potentiel, d'évaluer la résistivité du béton d'enrobage et la vitesse de corrosion des armatures.

Le design géométrique de la sonde est simple comparé à d'autres dispositifs existants. Un courant est injecté au travers d'une contre-électrode annulaire. L'évolution du potentiel est mesurée au centre, au niveau d'une électrode de référence. Afin d'inverser les mesures réalisées en surface, l'ensemble du dispositif expérimental a fait l'objet d'un jumeau numérique fondé sur un modèle 3D éléments finis.

La méthodologie s'appuie sur 3 étapes :

- Une mesure du potentiel de corrosion est d'abord effectuée permettant ainsi une première estimation de l'état de corrosion de l'armature.
- Une polarisation galvanostatique du réseau d'armatures débute alors. La chute ohmique instantanée est alors mesurée. Cette mesure est inversée via des abaques construits autour du jumeau numérique permettant de prendre en compte explicitement l'épaisseur du béton d'enrobage, le

*Intervenant

†Auteur correspondant: fabrice.deby@insa-toulouse.fr

diamètre des armatures et leur espacement afin d'évaluer la résistivité de l'enrobage.

- Le régime transitoire de la polarisation est ensuite exploité. La mesure du potentiel après stabilisation permet d'évaluer la résistance de polarisation afin de remonter à la vitesse de corrosion. Là encore, l'exploitation de la mesure s'appuie sur des abaques intégrant non seulement les paramètres géométriques mais aussi la résistivité précédemment évaluée.

Mots-Clés: corrosion, béton armé, potentiel, résistivité, vitesse

Diagnostic structurel par corrélation d'images : analyse de contraintes in-situ

Marie Allain * ¹, Olivier Ple ¹, Noémie Prime ¹, Pierre Vacher ², Emile Roux ²

¹ Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement (LOCIE) – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Savoie Mont Blanc : UMR5271 – Campus scientifique Savoie Technolac 73376 Le Bourget du Lac - CEDEX, France

² Laboratoire SYstèmes et Matériaux pour la MEcatronique (SYMME) – Université Savoie Mont Blanc – Maison de la mécatronique 7, chemin de Bellevue 74940 Annecy-le-Vieux, France

Suite aux drames les plus récents autour d'infrastructures en béton armé comme le pont de Gênes en Italie en 2018, le pont de l'île de Ré en France en 2019, ..., un sentiment d'insécurité a émergé autour de ces infrastructures (ouvrage et bâtiment) . Ces ouvrages sont vieillissants et il est nécessaire de surveiller leur état de santé. L'offre de diagnostic de structures est très large. Nos travaux s'inscrivent dans le cadre de l'analyse des contraintes internes des infrastructures en béton armé.

Des procédés d'analyse des contraintes dans le béton ou les roches existent, on peut citer Slot-Stress®[®], InsideStress, Doorstopper, Ils se basent sur la libération locale des contraintes et la mesure locale des déplacements à partir de capteurs à jauge de déformation ou à corde vibrante.

Nous avons développé un outil d'analyse de contrainte in situ, également basé sur le relâchement local des contraintes, mais associé à une détermination des champs de déformations par corrélation d'images. L'objectif principal est un relâchement local des contraintes peu invasif pour les ouvrages. En contrepartie l'indentification du tenseur des contraintes devra être précis avec des incertitudes meilleures qu'un MPa.

Le concept retenu consiste à réaliser un carottage peu invasif de la surface à analyser, libérant ainsi les contraintes sur la surface frontale de la carotte. Cette étape permet une identification de l'état de déformation entre un état contraint et un état non contraint. Ensuite une nouvelle technique développée permet de déterminer le module d'Young et de remonter à l'état de contrainte de la structure.

Le verrou technique à lever résulte dans l'utilisation d'une méthode de corrélation d'image avec une précision de 0,01 pixel, soit environ 0,15 μm , le tout dans un contexte industriel. Dans la suite de ce papier, le procédé développé sera expliqué à travers un essai réalisé en laboratoire, sur un élément en béton représentatif d'un poteau. Une précision sera apportée concernant la méthodologie et les hypothèses de calculs. Une discussion sera faite sur les résultats, les précisions et les incertitudes de mesure obtenus.

*Intervenant

Mots-Clés: diagnostic, corrélation d'image, contrainte

Détection automatisée des fissures dans les ponts en béton basée sur le traitement d'images par les réseaux de neurones artificiels

Hajar Zoubir * ¹, Mustapha Rguig * ^{† 1}, Mohamed Elaroussi * ^{‡ 2}

¹ Le Laboratoire du Génie Civil, Hydraulique, Environnement et Climat de l'Ecole Hassania des Travaux Publics (LaGCHEC de l'EHTP) – Centre des Etudes Doctorales de l'Ecole Hassania des Travaux Publics (EHTP), Km7, Route d'El Jadida, B.P 8108, oasis, Casablanca, Maroc

² Le Laboratoire du Génie des Systèmes de l'Ecole Hassania des Travaux Publics (LaGeS) – Centre des Etudes Doctorales de l'Ecole Hassania des Travaux Publics (EHTP), Km7, Route d'El Jadida, B.P 8108, oasis, Casablanca, Maroc

Compte tenu des risques potentiels de leur défaillance, la surveillance des ponts est déterminante pour le maintien en état de service de ces structures au dessus d'un certain niveau de sécurité.

Les méthodes de gestion des ponts se basent principalement sur les résultats des visites d'inspection, à l'issue desquelles, des indicateurs d'état sont retenus pour indiquer l'étendue et le niveau de sévérité des désordres visibles relevés sur les structures examinées. Ces indicateurs serviront de base pour la définition des stratégies de maintenance par les gestionnaires.

L'inspection des ponts est souvent réalisée de façon visuelle sur l'ensemble des éléments de ces structures. Les méthodes traditionnelles d'inspection, nécessitant l'intervention d'un personnel qualifié sur site avec des moyens d'accès particuliers, sont laborieuses, coûteuses, demandent du temps et présentent des risques quant à la sécurité des intervenants. Ainsi, on a de plus en plus recours actuellement aux technologies d'acquisition des données permettant une inspection digitale des ponts. En effet, la photogrammétrie par drones permet un relevé en haute définition, une modélisation précise des structures et une inspection visuelle rapprochée tout en assurant la sécurité du personnel.

Tenant compte de la quantité importante des données photogrammétriques obtenues par ces technologies, il serait opportun d'automatiser leur traitement pour la détection efficace et rapide des désordres affectant la structure inspectée. A cette fin, les modèles d'apprentissage automatique sont de plus en plus exploités, mais nécessitant de grandes bases de données photographiques pour leur entraînement. On se propose dans ce travail de présenter les bases de données utilisées dans la littérature qui ont servi à entraîner des modèles de réseaux neurones artificiels pour la détection automatique des fissures. On introduira par la suite une nouvelle base de données constituée à partir des visites des ponts en béton dans le réseau routier marocain ainsi que les résultats d'évaluation de la performance de quatre modèles de réseaux de neurones profonds entraînés sur cette base de données pour la détection des fissures.

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: mrguig@gmail.com

[‡]Auteur correspondant: mohamed.elaroussi4@gmail.com

Mots-Clés: Ponts, inspection, béton, fissure, traitement, photos, automatisation, réseaux de neurones, drone

Détection et localisation à cœur d'un objet non linéaire dans un bloc

Florian Ouvrier Buffet* ¹, Jesus Eiras† ¹, Benoit Durville‡ ², Vincent Garnier §¶ ¹, Cedric Payan|| ¹, Sandrine Morin** ³, Christophe Marquié†† ⁴, Laurent Cantrel‡‡ ⁵

¹ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique [Marseille] (LMA) – Aix Marseille Université : UMR7031, Ecole Centrale de Marseille : UMR7031, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7031 – 4 impasse Nikola Tesla CS 4000613453 Marseille Cedex 13, France

² Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN - SEREX) – Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) – SEREX CE Cadarache 13115 Saint-Paul-lès-Durance Cedex, France

³ Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) – Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) – SEREX - CE Cadarache 13115 Saint-Paul-lès-Durance, France

⁴ Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) – Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), IRSN – SEREX CE Cadarache 13115 Saint-Paul-lès-Durance, France

⁵ Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) – Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) – CE Cadarache – Bât 328 – 13115 Saint-Paul-lès-Durance, France

La détection et la localisation le plus précocement possible de zones atteintes par la Réaction Alcali Granulat (RAG) dans des massifs en béton de grandes dimensions impliquent une inspection à cœur du matériau. Pour répondre à cette problématique, une nouvelle méthode d'Evaluation Non Destructives (END) en acoustique non linéaire non classique fondée sur l'interaction entre une onde pompe propagative et une onde sonde a été proposée. Le principe consiste à générer un comportement non linéaire dans le béton localement par l'onde pompe de forte énergie et à ausculter cette même zone par l'onde sonde. Le travail est développé à l'échelle du laboratoire et à celle d'un bloc de taille intermédiaire (0.4×0.4×0.7 m³). Il est en cours de transfert à une échelle proche de la mesure sur site (4×2×1 m³). Pour simuler pratiquement, dans ces corps d'épreuve, une zone non linéaire de taille et position déterminée, une boule de grès est noyée dans le béton. De par son caractère fortement non linéaire elle simule la zone atteinte par la RAG. Cette méthode de travail originale a pour but d'établir des cartographies des pathologies au cœur du matériau en 3D.

Les travaux ont permis de détecter puis de localiser la boule de grès avec un fort contraste. Ces résultats constituent une avancée quant à la détection des pathologies gonflantes en l'absence de dégradations généralisées dans des éléments en béton de grandes dimensions. Pour finir, une démarche visant à rendre les grandeurs mesurées en acoustique non linéaire quantitatives est

*Auteur correspondant: florian.ouvrier@gmail.com

†Auteur correspondant: jesus.eiras.fernandez@gmail.com

‡Auteur correspondant: benoit.durville@irsn.fr

§Intervenant

¶Auteur correspondant: vincent.garnier@univ-amu.fr

||Auteur correspondant: cedric.payan@univ-amu.fr

**Auteur correspondant: sandrine.morin@irsn.fr

††Auteur correspondant: christophe.marquie@irsn.fr

‡‡Auteur correspondant: laurent.cantrel@irsn.fr

proposée. Il serait alors envisageable d'établir un lien entre la mesure END et l'avancement de la pathologie.
Les résultats de ces travaux ouvrent la voie à un transfert sur site de la méthode proposée.

Mots-Clés: Détection, Acoustique Non Linéaire, Pathologies Gonflantes, A coeur

Détection et suivi d'une rupture de propriétés hydriques à l'aide d'un scanner automatique ultrasonore à ondes de surface

Charles Ciccarone * ^{1,2}, Bogdan Piwakowski ², Frederic Skoczylas[†] ¹,
Radoslaw Drelich[‡] ³

¹ Université Lille Nord (CNRS Lam Cube) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – , F-59651 Lille, France

² Univ. Lille Nord, CNRS, Centrale Lille, UMR 8520 – (IEMN, TPIA) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – F-59651 Lille,, France

³ Institute of Mechanics and Applied Computer Science, Kazimierz Wielki University, (KWU) – Bydgoszcz, Pologne

La recherche présentée dans cet article concerne la détection et le suivi d'un front de saturation par méthode non destructive (CND). L'étude est menée sur deux matériaux : un calcaire qui est un matériau perméable, poreux et homogène et facile à interpréter, puis un béton de structure, fissuré, hétérogène par constitution.

La technique CND adoptée pour cette recherche est basée sur l'utilisation des ondes ultrasonores de surface. Elle a été mise en œuvre à l'aide d'un scanner qui permet d'ausculter le béton automatiquement et " sans " contact avec la surface auscultée. Le scanner est adapté à l'auscultation de la peau du béton jusqu'à une profondeur de 6 cm.

Le cas de calcaire

Afin d'étudier la saturation en fonction de la profondeur, l'idée était de faire des phases d'imbibition par ajout successif de couches d'eau d'un centimètre d'épaisseur. Après chaque imbibition une mesure acoustique était effectuée et en parallèle, la répartition de la saturation en fonction de la profondeur était mesurée par pesée sur des cylindres témoins. L'expérimentation comprend 6 états d'imbibition.

Les mesures acoustiques étaient orientées vers la détermination de la caractéristique de dispersion d'onde de surface qui était ensuite inversée afin de déterminer la profondeur du front de lixiviation.

Les profils de saturation obtenus ainsi nous informent que la saturation augmente en fonction du nombre d'imbibition et diminue avec la profondeur. Ces résultats corrént bien avec ceux obtenus sur les carottes tranchées, ce qui valide la technique adoptée.

Le cas d'un mur en béton

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: frederic.skoczylas@centrallille.fr

[‡]Auteur correspondant: radeko@ukw.edu.pl

Les essais ont été conduits sur le mur de la même façon que ceux conduits sur le calcaire sauf que les phases d'imbibitions étaient remplacées par 6 cycles d'arrosages. Les résultats obtenus indiquent un front de saturation se stabilisant sur 1 cm de profondeur. Mais le béton, contrairement au calcaire affiche de faibles variations de vitesse en fonction de la teneur en eau. On se trouve dans la situation où les variations de vitesse sont du même ordre de grandeur que l'écart-type des mesures. Ainsi, la technique d'inversion ne permet pas pour l'instant de déboucher sur l'évaluation précise de la saturation du béton.

Mots-Clés: béton, calcaire, saturation, teneur en eau, porosité, onde de surface, inversion, béton de peau, scanner, acoustique, sans contact, automatisé

Développement d'un capteur électromagnétique pour le suivi des propriétés diélectriques des bétons - Simulation numérique et expérimentation

Mehdi Sbartai ^{*†} ¹, François Demontoux ^{* ‡} ², Tien Chinh Mai ^{*}

3

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – F-33400 Talence, France

² IMS - UMR 5218 (Université Bordeaux) – Université de Bordeaux – 16 av Pey Berland 33607 Pessac, France, France

³ I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

L'humidité et la salinité des bétons sont parmi les indicateurs de durabilité des bétons les plus importants à caractériser. L'objectif de notre étude est de développer un système de mesure non destructive basé sur l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques à fréquence variable pour un meilleur contrôle de la profondeur d'investigation. Pour atteindre cet objectif, nous avons mené deux approches conjointes et complémentaires. La première a consisté à étudier les propriétés électromagnétiques (0.2 à 4 GHz) des bétons et à modéliser l'effet de l'humidité sur la permittivité, la deuxième nous a amené à développer des antennes optimisées couplées au matériau. Les résultats obtenus montrent une bonne corrélation entre les simulations numériques des antennes et les mesures expérimentales. En perspectives, de nouvelles géométries sont en étude pour envisager la caractérisation des gradients de propriétés.

Mots-Clés: END, électromagnétique, antenne, caractérisation béton

*Intervenant

†Auteur correspondant: zoubir-mehdi.sbartai@u-bordeaux.fr

‡Auteur correspondant: francois.demontoux@u-bordeaux.fr

Développement de capteurs radiofréquences pour le suivi de la dégradation des infrastructures en béton armé

Karim Bouzaffour * ¹

¹ Laboratoire des sciences et techniques de l'information, de la communication et de la connaissance (Lab-STICC) – Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest, Université de Bretagne Sud, Université de Brest : CS93837, École Nationale Supérieure de Techniques Avancées Bretagne, Institut Mines-Télécom [Paris], Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6285, Université Bretagne Loire, IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire, Université de Brest – Technopole Brest Iroise CS 83818 29238 BREST cedex 3, France

La corrosion des armatures est un paramètre fondamental de la durabilité des ouvrages en environnement marin. Elle conduit en effet avec la formation de produits de corrosion à l'éclatement du béton d'enrobage. L'objectif de ce travail est de produire un capteur totalement passif, de faible coût, et de faible dimension pouvant être immergé dans la couche d'enrobage et permettant le suivi de la corrosion. Il est basé sur la technologie UHF-RFID et peut donc être interrogé par des lecteurs commerciaux. Cet article détaille le principe physique du capteur.

Mots-Clés: Capteur, corrosion, acier, RFID

*Intervenant

Développement de capteurs électromagnétiques pour le suivi des propriétés diélectriques des bétons - Simulation numérique et expérimentation

Mehdi Sbartai * ^{1,2}, François Demontoux ³, Tien Chinh Maï ⁴

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – F-33400 Talence, France

² Université de bordeaux (I2M) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – Talence, France

³ IMS - UMR 5218 (Université Bordeaux) – Université de Bordeaux – 16 av Pey Berland 33607 Pessac, France, France

⁴ Université de transport de Hanoi (UTH) – ..., Vietnam

L'évaluation de l'humidité et de la salinité des bétons est une phase cruciale au diagnostic des structures corrodées dans un contexte de préservation du patrimoine bâti. L'utilisation des techniques d'Evaluation Non Destructive (END) permet d'établir un diagnostic efficace sans endommager la structure. Les ondes électromagnétiques dans la gamme des micro-ondes sont reconnues sensibles à la variation de l'humidité des matériaux diélectriques comme le béton. Le but de cette étude est de développer un outil d'évaluation non destructive de l'humidité voire la salinité des bétons basée sur la propagation des ondes électromagnétiques dans la gamme de fréquences 2 – 4 GHz. La première étape a consisté à mesurer et à modéliser la permittivité des bétons en fonction de leur teneur en eau. En deuxième étape, des simulations numériques d'antennes planaires " patch " et dipolaire (bow-tie) ont été effectuées par modélisation de la géométrie des antennes en utilisant la méthode des éléments finis. Les antennes ont été par la suite conçues et utilisées pour une comparaison entre les simulations numériques et des mesures effectuées dans l'air et dans des bétons à humidité variable.

Mots-Clés: CND, électromagnétique, propagation, simulation

*Intervenant

Effet des cycles humidification/séchage sur le comportement mécanique des bétons de terre

Nathalie Kouta *^{1,2}, Jacqueline Saliba *

³, Nadia Saiyouri ²

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Université de Bordeaux : UMR5295 – F-33400 Talence, France

² I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

³ Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M) – Institut polytechnique de Bordeaux, Arts et Métiers ParisTech, CNRS : UMR5295, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I – Site ENSCBP Bât A 16 avenue Pey-Berland 33607 Pessac Cedex, France

Les bétons de terre sont composés essentiellement de particules fines ce qui les rend très sensibles à l'humidité et affecte leur durabilité à long terme. Dans cette étude, l'effet des cycles humidification/séchage sur les bétons de terre avec et sans fibres de lin a été étudié à l'aide de deux techniques : les ultrasons et l'émission acoustique. L'application de ces deux méthodes aboutit à une estimation du taux d'endommagement du béton pendant et à la fin des 25 cycles d'humidification/séchage. La vitesse de propagation des ultrasons a permis de suivre la détérioration progressive du béton lors des cycles. A la fin des cycles, des essais de compression ont été réalisés et suivis par la technique d'émission acoustique. Les résultats ont montré que la dégradation du béton commence durant les premiers cycles d'humidification/séchage avec des fissures visibles à la surface des éprouvettes du béton de terre. La vitesse de dégradation est plus importante pour les éprouvettes sans fibres. Une perte considérable de la résistance a été aussi observée après 25 cycles. L'évolution de l'activité acoustique a été aussi modifiée pour les éprouvettes soumises à des cycles avec des paramètres acoustiques différents (coups, énergie, amplitude, ...) indiquant un endommagement prématuré de ces dernières.

Mots-Clés: Béton de terre, fibres de lin, séchage/humidification, émission acoustique, ultrasons.

*Intervenant

Estimation of elastic constants of cementitious materials under bending forces using the prism technique

Toufik Benkedidah *[†] ¹, Morad Grimes * [‡] ¹, Abdelmalek Bouhadjera ¹,
Zoubir-Mehdi Sbartai * [§] ²

¹ NDT-LAB (NDT-LAB) – NDT-Lab Jijel University, Algérie

² I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

Ultrasonic compressional and shear waves propagating through a cementitious material under bending forces are directly related to some mechanical properties of the specimen under testing. This paper presents an acoustoelastic method using the prism technique where both compressional and shear waves are generated by the mode conversion. A numerical and experimental evaluation of the amplitude and the velocity of each wave as a function of bending loads are also described. An inversion method has been used to extract the echoes related to compressional and shear waves from useless signal. Experimental measurements have been made on different material types made with cement paste and mortar, and very encouraging results have been achieved.

Mots-Clés: Prism technique, compressional and shear waves, bending forces, acoustoelastic, elastic constants.

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: t_benkedidah@yahoo.fr

[‡]Auteur correspondant: moradgrimes@univ-jijel.dz

[§]Auteur correspondant: zoubir-mehdi.sbartai@u-bordeaux.fr

Etude de la sensibilité de méthodes électro-acoustiques pour l'Evaluation Non Destructive des bétons sous sollicitation dynamique

Stephen Razafindratsima¹, Jean-François Lataste^{*† 1}

¹ Université de Bordeaux, I2M - GCE, UMR 5295 (I2M) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

Dans le cadre du projet de recherche de l'ANDRA, DCND, les mesures des phénomènes électriques observables lorsque le matériau est soumis à une sollicitation dynamique, ont été étudiés. Ces phénomènes peuvent être de deux natures : sismo-électriques (liés aux phénomènes de polarisation à l'interface solide-liquide dans la matériaux poreux), et piézo-électriques (liés à la polarisation de certains minéraux présents dans le béton).

L'étude numérique réalisée par éléments finis, a simulée le comportement du béton lorsqu'il est soumis à un impact (de type coup de marteau). Les observables ont été le champ électrique (E), et le champ électrique rapporté à la valeur de l'accélération (E/\ddot{U}). Il est montré que le phénomène sismo-électrique est très largement négligeable devant la réponse piézo-électrique. Le travail s'est focalisé sur les réponses observées pour les fréquences propres, pour différents indicateurs du matériau : la constante diélectrique, la porosité, le module de cisaillement, le module d'Young, la masse volumique ainsi que la matrice de couplage piézoélectrique.

Nous montrons que le champ électrique (E) est directement corrélé à la constante diélectrique et à la matrice de couplage piézoélectrique, pour toutes les fréquences de vibration. Les variations du champ électrique avec la porosité, les modules mécaniques et la masse volumique dépendent des modes de vibration considérés. Une dispersion (variation en fonction de la fréquence) du champ électrique est observée en fonction de la variation de la porosité, des modules et de la masse volumique. Nous montrons aussi que l'utilisation du rapport E/\ddot{U} est pertinente, et peut dans certains cas mieux mettre en évidence la dispersion en fonction de la fréquence modale que l'utilisation de E seul.

Ces résultats sont les premiers pas d'une nouvelle approche pour l'END des ouvrages, permettant d'envisager un couplage des investigations électriques et sismiques.

Mots-Clés: Electrique, sismique, modélisation, dynamique

*Intervenant

†Auteur correspondant: jean-francois.lataste@u-bordeaux.fr

Evaluating the drying effect on the behavior of earth concrete using acoustic emission technique

Hassan Fardoun * ¹, Jacqueline Saliba[†] ¹, Nadia Saiyouri[‡] ¹

¹ Université de Bordeaux, UMR 5295, Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), CNRS, (i2M) – Université de Bordeaux, I2M CNRS UMR 5295 – Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence, France

The requirement for eco-friendly construction materials is of a persistent need. In addition, waste recycling is urgent. The ecological material adopted in this study is earth concrete incorporated with recycled sand (RS). Both materials being sensitive to water, the work assesses the effect of drying on the mechanical properties. Earth concrete mixtures with different percentages of clay (20%, 30% and 40) were casted and cured at a relative humidity (RH) of 90% and 50%. Compressive tests were conducted on cubic specimens for each mixture. Moreover, the acoustic emission (AE) technique was used to monitor the failure behavior of specimens conserved at the two RH. The results show an increase in the compressive strength at 50% of RH. However, a decrease in the flexural strength has been observed at 50% of RH with RS.

Mots-Clés: earth concrete, drying, mechanical properties, acoustic emission technique

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: jacqueline.saliba@u-bordeaux.fr

[‡]Auteur correspondant: nadia.saiyouri@u-bordeaux.fr

Evaluation Non Destructive des Enceintes de confinement de centrales nucléaires.

Vincent Garnier *¹, Jérôme Verdier[†]², Zoubir-Mehdi Sbartai[‡]³,
Jean-François Chaix[§]^{1,4}, Odile Abraham[¶]⁵, Cédric Payan^{||}¹, Eric Larose^{**}⁶,
Bogdan Piwakowski^{††}⁷, Jean-Marie Hénault^{‡‡}⁸, Alain Proust⁹

¹ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique [Marseille] (LMA) – Aix Marseille Université : UMR7031, Ecole Centrale de Marseille : UMR7031, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7031 – 4 impasse Nikola Tesla CS 4000613453 Marseille Cedex 13, France

² Laboratoire Matériaux et Durabilité des constructions (LMDC) – Institut National des Sciences Appliquées - Toulouse, Institut National des Sciences Appliquées, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées – INSA-UPS 135 Avenue de Ranguel - 31077 TOULOUSE CEDEX, France

³ I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

⁴ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) – CNRS : UPR7051 – Antenne CND - Université d'Aix-Marseille - 413 Avenue Gaston Berger - 13625 Aix-en-Provence Cedex, France

⁵ Auscultation et Imagerie (IFSTTAR/GERS/AI) – IFSTTAR, PRES Université Nantes Angers Le Mans [UNAM] – Centre de Nantes Route de Bouaye - BP 4129 44341 Bouguenais Cedex, France

⁶ Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – Institut National des Sciences de l'Univers, Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR219, Université Grenoble Alpes, Université Gustave Eiffel, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5275, Université Savoie Mont Blanc – ISTerre-CNRS, CS 40700, 38058 GRENOBLE Cedex 9, France

⁷ Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) - UMR 8520 (IEMN) – Ecole Centrale de Lille, Institut supérieur de l'électronique et du numérique (ISEN), Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8520, Université Polytechnique Hauts-de-France, Institut supérieur de l'électronique et du numérique (ISEN) – Laboratoire Central – Cité Scientifique – Avenue Poincaré – CS 60069 – 59652 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX, France

⁸ EDF Prisme (EDF Prisme) – EDF Recherche et Développement – 6 quai Watier 78400 Chatou, France
⁹ Mistras (Mistras) – MISTRAS – 27 rue Magellan, SUCY EN BRIE, 94370, France

Le projet ENDE (Evaluation Non Destructive des Enceintes de confinement de centrales nucléaires) a permis sur la base d'un travail en 4 temps de proposer des outils nouveaux ou de valoriser des outils déjà existants pour ausculter les bétons des enceintes des centrales. Une mise en œuvre sur la maquette VerCoRs réalisée par EDF a permis de structurer et de valider notre

*Intervenant

[†] Auteur correspondant: verdier@insa-toulouse.fr

[‡] Auteur correspondant: zm.sbartai@i2m.u-bordeaux1.fr

[§] Auteur correspondant: jean-francois.chaix@univ-amu.fr

[¶] Auteur correspondant: odile.abraham@ifsttar.fr

^{||} Auteur correspondant: cedric.payan@univ-amu.fr

^{**} Auteur correspondant: eric.larose@univ-grenoble-alpes.fr

^{††} Auteur correspondant: bogdan.piwakowski@centralelille.fr

^{‡‡} Auteur correspondant: jean-marie.henault@edf.fr

Auteur correspondant: alain.proust@mistrasgroup.com

démarche à l'échelle de la mesure in situ.

Huit puis neuf partenaires se sont regroupés autour d'objectifs d'auscultation à différentes échelles alliant les END et les calculs numériques pour suivre les vieillissements des centrales. Les objectifs du projet étaient de contrôler les 2 fonctions d'une enceinte à savoir la résistance mécanique et l'étanchéité qui peuvent être dégradées. Le contrôle de la première est fondé sur la caractérisation du matériau béton. La seconde consiste à suivre la propagation ou/et l'ouverture d'une fissure ce qui intervient suite à une surpression accidentelle ou encore durant une visite décennale.

Le projet a permis de réelles avancées scientifiques en levant plusieurs verrous, ainsi que la valorisation de plusieurs techniques qui après validation sur site, sont à ce jour opérationnelles pour des mesures industrielles. Nous faisons le bilan de ces 6 années de travail collaboratif et présentons les perspectives pour l'auscultation des enceintes mais aussi des structures de Génie Civil.

Mots-Clés: CND, Caractérisation matériau, Fissures, Enceinte, Instrumentation

Evaluation de l'endommagement de mortiers fibrés et non fibrés soumis à des conditions d'incendie à l'aide de mesures de propagation d'ondes ultrasonores et de perméabilité au gaz

Laurent Molez ^{*† 1}, Mohammed Ezziane^{‡ 2}

¹ Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique (LGCGM) – Institut National des Sciences Appliquées - Rennes, Univ Rennes – 20, Avenue des Buttes de Coësmes CS 70839 - 35708 Rennes Cedex, France

² École Nationale Polytechnique d'Oran Maurice Audin (ENPO-MA) – ALGÉRIE, Algérie

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la température sur les propriétés mécaniques de mortiers renforcés avec des fibres d'acier, des fibres de polypropylène et des mortiers hybrides. Des mesures destructives (résistance mécanique à la flexion, module d'élasticité, résistance mécanique à la compression) ont été réalisées sur des échantillons chauffés avec une vitesse de montée de 5°C/minute à des températures croissantes maximales : 105°C, 400°C, 500°C et 800°C. En parallèle, des mesures non destructives (propagation des ondes longitudinales et perméabilité au gaz) ont été réalisées. L'évolution de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores et de leur atténuation au sein du matériau sont étudiées en fonction de la température de traitement thermique. Le même type d'analyse est effectuée pour la perméabilité apparente. Les résultats montrent une très bonne corrélation entre l'évolution de ces propriétés et l'endommagement induit par le traitement imposé. L'étude montre une dégradation importante des caractéristiques physico-mécaniques du matériau fibré dès 500°C. Ce seuil de 500°C est identifié tant sur les mesures non destructives que sur les mesures destructives. Les mortiers hybrides présentent un bon compromis : les fibres de polypropylène garantissent une stabilité thermique tandis que les fibres d'acier permettent de conserver un comportement mécanique intéressant.

Mots-Clés: Incendie, Ondes ultrasonores, Perméabilité

*Intervenant

†Auteur correspondant: Laurent.Molez@insa-rennes.fr

‡Auteur correspondant: ezzmed44@yahoo.fr

Evaluation non destructive de l'endommagement mécaniques des béton par émission acoustique - Application au monitoring de la maquette VerCorS

Seif Eddine Hamdi ^{*† 1}, Mehdi Sbartai ^{*}

1,2

¹ Institut de mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – 351 cours de la libération, France

² I2M (I2M) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – Talence, France

This paper is focused on the part of the project ANR ENDE that concerns the damage and crack characterization by means of NDT. The tests are done in 4 points bending in order to study the cracks' generation, their propagation, as well as their opening and closing. The main ultrasonic techniques developed concern linear or non-linear, acoustic emission, energy diffusion. Digital image correlation is an important additional asset to validate the coherence of the NDT results. NDT technique are after done in situ in real conditions by testing on the VerCoRs mock-up.

Mots-Clés: NDT, damage, detection, acoustic, coda.

*Intervenant

†Auteur correspondant: seif-eddine.hamdi@u-bordeaux.fr

Experimental study and modeling of the effect of the nature of aggregates on the physico-mechanical characteristics of concrete

Ahmed Attia ^{*† 1}, Salim Guettala^{‡ 1}, Mohamed Rabehi^{§ 1}, Rebih Zaitri^{¶ 1},
Michèle T'kint^{|| 2}, Tarek Hadji^{** 1}, Taha Hocine Douara^{†† 1}

¹ université ziane achour djelfa (UZAD) – ROUTE MOUDJBARA BP 3117 DJELFA TEL : 0 27 90 02 03 FAX : 0 27 90 02 01, Algérie

² Eco-Procédés Optimisation et Aide à la Décision (EPROAD) – Université de Picardie Jules Verne : EA4669, M.t'kint Quéneudec – Université de Picardie Jules Verne 7 rue du Moulin Neuf 80039 Amiens, France

In this experimental work aimed to study the combined effect of fine aggregates types on physic mechanical characteristics of concretes and found the relationships between the different parameters physic-mechanical of concretes. Mixture design method was used for optimizing concretes characteristics and studying the effects of river sand (RS), dune sand (DS) and crushed sand (CS) in combinations of binary and ternary system on workability, compressive and flexural strength of concretes at 7 and 28 days. 21 mixtures of concrete were prepared for this investigation. The modeling carried out using JMP7 statistical software. Mixture design method made it possible to obtain, with good precision, the statistical models and the prediction curves of studied responses. Increase of RS in all systems improved their workability. Substitution of RS by CS negatively affects the workability. Substitution of RS by DS and DS by CS improved the workability up to contents of the order of 40% DS and 40% CS, respectively. The obtained results proved that concrete based on a binary mixture C15 presents the maximum compressive strength at 28-day with an improvement of around 20%, compared to reference concrete (C21), with a maximum dynamic modulus of elasticity and the minimum open porosity. For ternary mixtures, the maximum compressive strength at 28-day was obtained for the mixture C10 with an improvement of around 15% compared to C21. The increase in compressive strength and dynamic elasticity modulus of concretes during the progress of hydration reactions was accompanied by an increase in the flexural strength and decrease in open porosity, but in different proportions. Through the results obtained, the partial incorporation of DS ($\leq 40\%$) in the concrete formulation can provide a solution for some work in the southern regions of country. In addition, CS is an interesting alternative source for replacing 60% RS. Concrete formulation based on local materials is able to solve economic and environmental problems encountered in the building sec-

*Intervenant

†Auteur correspondant: attia52@yahoo.fr

‡Auteur correspondant: guettalasalim@yahoo.com

§Auteur correspondant: rahmoh_m@yahoo.fr

¶Auteur correspondant: zrebih@yahoo.fr

||Auteur correspondant: michele.tkint@u-picardie.fr

**Auteur correspondant: tarek.hadji@gmail.com

††Auteur correspondant: tahahocine@gmail.com

tor as well as technical problems. Finally, good relationships between density, open porosity, ultrasonic pulse velocity, dynamic elasticity modulus and compressive strength.

Mots-Clés: Mixture design metho, optimizing concretes characteristics, studying the effects, binary and ternar system, density, open porosity, ultrasonic pulse velocity, dynamic elasticity modulus and compressive strength.

Influence de l'âge sur le comportement à la rupture des bétons de terre à l'aide de la technique d'émission acoustique

Nathalie Kouta ^{*† 1}, Jacqueline Saliba ¹, Nadia Saiyouri ¹

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Université de Bordeaux : UMR5295 – F-33400 Talence, France

Dans cette étude, l'effet de l'âge sur le comportement à la rupture des bétons de terre avec et sans fibres de lin a été étudié. Des essais de flexion trois points ont été réalisés sur des éprouvettes prismatiques avec différents pourcentages (0%, 0,3% et 0,6%) et longueurs (12 mm, 24 mm, 50 mm) de fibres de lin à 28 et 180 jours. La technique d'émission acoustique a été utilisée afin de mieux comprendre le processus de rupture. Les résultats montrent que les propriétés mécaniques augmentent avec l'âge du béton de terre. L'ajout des fibres de lin améliore la ductilité du matériau. L'activité acoustique a augmenté avec l'ajout de fibres ainsi qu'avec l'âge du au renforcement générant des mécanismes d'endommagement supplémentaires et au durcissement du béton de terre. De plus, une bonne corrélation a été observée entre l'énergie de rupture et l'énergie acoustique détectée.

Mots-Clés: Béton de terre, fibres de lin, âge, émission acoustique.

*Intervenant

†Auteur correspondant: nathalie.kouta@u-bordeaux.fr

Intégration de la variabilité spatiale pour une meilleure évaluation non-destructive du béton

Wafaa Abdallah * ¹, Zoubir-Mehdi Sbartai ², Sidi Mohammed Elachachi ³,
Jacqueline Saliba ⁴, Fadi Hage Chehade ⁵, Marwan Sadek ⁵

¹ I2M-GCE (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

² I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

³ Université de Bordeaux, I2M - GCE, UMR 5295 (I2M) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

⁴ Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux (I2M) – Institut polytechnique de Bordeaux, Arts et Métiers ParisTech, CNRS : UMR5295, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I – Site ENSCBP Bât A 16 avenue Pey-Berland 33607 Pessac Cedex, France

⁵ EDST (Université Libanaise) – Beyrouth, Hadat, Liban

L'apport de l'étude de l'hétérogénéité des ouvrages en béton représentée par sa variabilité spatiale constitue un grand intérêt pour un meilleur diagnostic de ces ouvrages. Les techniques CND sont les techniques les plus préférées pour évaluer les propriétés du béton en se basant sur l'inversion des modèles de conversion qu'il faut tout d'abord les calibrer. Dans ce travail, trois observables CND sont pris en considération : la vitesse des ondes ultrasonores, la résistivité électrique et la permittivité. Les modèles de conversion reliant ces observables avec deux propriétés physiques de béton (la porosité et le degré de saturation) sont utilisés. La dérivation et l'inversion de ces modèles sont analysées au moyen des outils statistiques dans des simulations numériques.

Mots-Clés: variabilité spatiale du béton, évaluation non destructive, inversion des modèles de conversion.

*Intervenant

Inventaires, inspections et auscultation des ouvrages d'arts et hydrauliques sur les principales routes nationales revêtues et en terre des régions des Savanes et de La Kara au Togo

Mustapha Zdiri ^{*† 1,2}, Taher Boughattas ³

¹ Laboratoire Génie Civil (LGC ENIT) – Campus universitaire, BP 37, 1002, Le Bélvédère, 1002, Tunis, Tunisie

² Université de Tunis-Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis Tunisie (ENSIT) – Avenue Taha Hussein Montfleury, 1008 Tunis, Tunisie

³ SEFCO International (SEFCO) – Maison de Mme REGO, AGBALEPDOGAN, Clinique Martin Luther King, Lomé, Togo

Le secteur du transport routier au Togo connaît un vieillissement et une dégradation des ouvrages de traversées (ouvrages d'art et ouvrages hydrauliques). Pour programmer des travaux d'entretien et de réparation de ces ouvrages, des opérations d'inventaires et d'inspections sur l'état des lieux des ouvrages d'arts et hydrauliques ont été réalisées sur les principales routes nationales revêtues et en terre dans les régions des Savanes et de La Kara du pays, suivi de campagnes d'auscultation et de diagnostics techniques pour ces ouvrages. Les travaux d'auscultation réalisés ont comportés principalement les mesures de caractéristiques mécaniques au scléromètre Schmidt, l'identification de l'état de carbonatation de béton, les mesures de transmissions des Ondes Ultrasoniques, l'analyse du pourcentage et de la répartition de la corrosion des aciers à l'aide du Corrosimètre à électrode ainsi que la détermination de l'enrobage et la répartition des aciers à moyen du profomètre. Les relevés des résultats des essais ont permis l'identification et l'analyse de l'état de santé des ouvrages, l'élaboration d'un système de gestion des ouvrages ainsi que la classification des ouvrages et la mise en place d'une méthodologie pour la surveillance et le suivi du parc des ouvrages. Enfin, une partie de ce travail a été consacrée aux recommandations et dont laquelle plusieurs solutions de travaux d'entretiens et de réparations ont été proposés pour remédier aux différents désordres et dégradations enregistrés.

Mots-Clés: Auscultation, Caractéristiques de béton, Carbonatation, potentiel de corrosion, Essai ultrasonique

*Intervenant

†Auteur correspondant: zdiri_ms@yahoo.fr

Inversion différentielle des vitesses de phase des ondes de surface avec une distance des diagrammes : application sur des bicouches mortier/béton

Ao Wang*¹, Mohamad Bader Eddin¹, Odile Abraham^{†‡}¹, Olivier Durand¹, Thibaud Devie¹, Gautier Gugole¹, Donatienne Leparoux[§]¹

¹ Université Gustave Eiffel, Campus Nantes (UNIV GUSTAVE EIFFEL) – GERS-GeoEND – Allée des Ponts et Chaussées, Routes de Bouaye - CS 5004, 44344 Bouguenais, France, France

Dans le contexte du vieillissement des structures du génie civil au fil du temps ou de leur endommagement, le monitoring du matériau béton est de plus en plus fréquent. Parmi les nombreuses méthodes non destructives utile à la surveillance, celles reposant sur les ondes *sismiques* de surface présentent l'avantage de permettre de remonter à des gradients de propriétés mécaniques via l'obtention puis l'inversion de courbes de dispersion.

Dans cette étude, nous utilisons les ondes de surface pour estimer la variation des propriétés mécaniques d'une couche de mortier de 3 cm d'épaisseur superposée sur une dalle de béton de surface 120 cm x 80 cm et d'épaisseur 20 cm. Les propriétés du mortier sont modifiées par changement du rapport eau-sur-ciment (E/C). Trois dalles sont ainsi étudiées avec des E/C égaux à 0,4, 0,55 et 0,7.

La méthode classique Multi-channel Analysis of Surface Waves (MASW) utilise la courbe de dispersion de la vitesse de phase comme donnée à inverser. Cependant, l'inversion des courbes de dispersion n'est pas toujours capable d'estimer de petites variations du milieu (inférieures à quelques pourcents, en raison de la non-unicité de la solution voire de l'hétérogénéité des matériaux, comme dans le cas du béton). De surcroît, dans le cadre du monitoring, l'accès à des données à échéances rapprochées, pour lesquelles les modifications du béton peuvent être faibles, autorise la mise en œuvre de nouvelles méthodes d'inversion qui tirent profit des données récoltées dans le temps sur un même endroit avec les mêmes dispositifs expérimentaux.

Nous proposons une nouvelle approche fondée sur l'inversion différentielle des diagrammes de dispersion : la différence des données, au lieu des données elles-mêmes, est utilisée comme données à inverser. Pour cela, une distance des diagramme de dispersion, basée sur une distance d'histogrammes associés, est introduite. Cette méthode va dans un premier temps être testée sur des données numériques et ensuite appliquée sur les données issues des trois dalles mortier/béton. Les résultats de ce nouveau schéma d'inversion seront comparés aux résultats de l'inversion classique (MASW), puis la robustesse de cette méthode sera discutée.

*Auteur correspondant: ao.wang@univ-eiffel.fr

†Intervenant

‡Auteur correspondant: odile.abraham@univ-eiffel.fr

§Auteur correspondant: donatienne.leparoux@univ-eiffel.fr

Mots-Clés: Ondes de surface, Monitoring, Inversion différentielle, Distance des diagrammes

Mesure de la variation de la résistance électrique du béton par pont de Wheatstone : application au suivi de la fissuration

Jean-Paul Balayssac ^{*† 1}, Teuku Ferdiansyah ¹, Anaclet Turatsinze ¹

¹ Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC) – Université Paul Sabatier - Toulouse III : EA3027 – 135 avenue de Rangueil 31077 Toulouse Cedex 04, France

Cette communication présente le développement d'une technique de suivi de la propagation d'une fissure basée sur la mesure de la résistance électrique. Cette technique est utilisée au cours d'un essai sur trois éprouvettes en béton, sollicitées en flexion par un chargement cyclique avec un contrôle de l'ouverture de fissure.

Le principe de la technique proposée consiste à mesurer la variation de résistance électrique du béton avec un pont de Wheatstone. L'avantage du pont de Wheatstone, très utilisé en extensométrie, réside dans sa capacité à détecter de très faibles variations de résistance électrique. Le capteur de mesure de la résistance électrique est simplement composé de deux disques en inox espacés de 5cm et noyés dans le béton. Le dipôle ainsi constitué est une des branches du pont de Wheatstone. Celui-ci est alimenté avec un courant alternatif dont la tension et la fréquence ont été optimisées pour maximiser la sensibilité du système de mesure.

Les résultats montrent que l'ouverture de la fissure mesurée par un capteur LVDT est très bien corrélée à la variation de tension aux bornes du pont de Wheatstone. Les boucles d'hystérésis observées au cours des cycles de chargement et déchargement sont en particulier très bien reproduites par le système de mesure. L'importance de la position du capteur par rapport au chemin de propagation de la fissure est démontrée. La corrélation d'images numériques est également utilisée pour suivre la position du sommet de la fissure en surface de la poutre et les résultats sont comparés à la réponse du système.

Mots-Clés: résistance électrique, pont de Wheatstone, fissuration, corrélation d'images

*Intervenant

†Auteur correspondant: jean-paul.balayssac@insa-toulouse.fr

Mise en place d'une méthode de qualification en C-scan par ultrasons d'échantillons fabriqués en laboratoire et prélevés sur des structures de chaussées

Benaboud Soufyane ^{*† 1}, Mokhfi Takarli^{‡ 1}, Fatima Allou ¹, Frédéric Dubois ¹, Aurelia Nicolai ², Bertrand Pouteau ³, Alain Beghin ²

¹ Laboratoire de Génie Civil, Diagnostic et Durabilité (GC2D) – Université de Limoges : EA3178 – Centre Universitaire de Génie Civil Boulevard Jacques Derche, 19300 Egletons, France

² Entreprise MALET (Spie Batignolles) – Spie Batignolles – 30 Avenue de Larrieu, 31081, Toulouse, France

³ Centre de Recherche Eurovia (Centre de recherche de Mérignac) – EUROVIA – 22 rue Thierry Sabine 33703 Merignac, France

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet ANR-MOVEDVDC (MOdélisation du Vieillissement et de l'Endommagement pour l'évaluation de la Durée de Vie des Chaussées) qui vise à améliorer les méthodes de redimensionnement des anciennes chaussées pour optimiser l'entretien de ces dernières.

Les résultats présentés dans cet article sont issus d'une étude opérationnelle et de faisabilité basée sur des mesures ultrasonores (US) associées à la gamma-densimétrie pour qualifier une plaque d'enrobé bitumineux. La caractérisation des enrobés bitumineux par les méthodes US est une voie usuelle pour caractériser les matériaux de chaussée. En revanche, ces matériaux présentent des difficultés majeures vis-à-vis la propagation des ondes élastiques. En effet, en plus des effets dispersifs liés à de leur composition hétérogène s'ajoutent ceux en relation avec la susceptibilité thermique et cinétique de leur comportement atténuant.

Cet article se focalise principalement sur les méthodes de traitement de signal pour la détermination du temps de vols des ondes par transmission directe en fonction du rapport signal-bruit (SNR :Signal-To-Noise Ratio) en faisant varier le facteur gain et la tension d'émission. Les essais sont réalisés sur une plaque fabriquée en laboratoire et soumise à des mesures de vitesses d'ondes de compression (P) et de cisaillement (S) dans la direction de compactage. Afin d'étudier les effets de bord et de géométrie, la plaque est découpée par la suite en plusieurs cubes pour reconduire les mesures US. Les résultats issus de la procédure de mesure en mode C-scan sont présentés et discutés sous forme de cartographies de vitesses et de répartition statistique. Le passage des vitesses aux propriétés mécaniques du matériau (E, G et ν) repose dans un premier temps sur la théorie de propagation des ondes dans un milieu élastique, homogène et isotrope. L'effet concomitant lié à la densité du matériau est traité sur la base des résultats d'un essai de banc gamma (plaque) et des mesures de la densité locale (cubes).

*Intervenant

†Auteur correspondant: soufyane.benaboud@unilim.fr

‡Auteur correspondant: mokhfi.takarli@unilim.fr

Mots-Clés: Béton Bitumineux, Vitesses Ultrasonores, Traitement de Signal, Propriétés Élastiques

Monitoring du béton par fibre optique

Hugues Vincent * ¹, Yassine Chafiq *

¹, Léo Grammagnat[†] ¹, Quentin Pochez ¹

¹ Cementys (Cementys) – Head of R – 9 rue Léon Blum 91120 Palaiseau, France

La prise du béton est une succession de réactions chimiques complexes qui permettent au béton de passer d'un état liquide (visqueux) à un état solide. Le bon déroulement de ces réactions du béton au " jeune âge " est indispensable pour assurer la bonne qualité du matériau. Elles permettront d'atteindre les propriétés mécaniques souhaitées (résistance en compression notamment) mais également d'obtenir des performances en terme de porosité.

C'est également lors du jeune âge que peuvent s'initier des pathologies du béton, comme la réaction sulfatique interne, avec la formation différée d'ettringite. La réaction sulfatique interne est déclenchée dès le plus jeune âge avec la conjonction de plusieurs paramètres : une température élevée du béton pendant une période prolongée, un excès d'eau, ainsi que la présence de sulfates et d'aluminates de ciment dans les matériaux constituant du béton.

La réaction sulfatique interne est une pathologie qui se manifeste à beaucoup plus long terme. Les ettringites formées lors de la prise du béton vont gonfler (ce phénomène se passe souvent plusieurs années après le durcissement du béton) et provoquer la fissuration du béton.

Il est donc important de connaître la température dans le béton pendant la prise pour s'assurer que la structure étudiée ne rencontrera pas de réaction sulfatique interne. Pour les structures courantes, l'expérience permet de savoir que l'élévation de température ne sera pas suffisant pour déclencher ces réactions. En revanche, s'agissant de structures massives, il est beaucoup plus probable que des températures élevées apparaissent.

En effet, la prise du béton est une réaction exothermique, qui est également thermo activée. En conséquence, plus une pièce est massive et plus la température du béton sera élevée. C'est au cœur des pièces en béton que l'on attend les températures les plus élevées, du fait de la du caractère exothermique de la réaction de prise et de sa thermoactivation. En effet, le cœur des structures est l'endroit où la chaleur a le plus de mal à être évacuée.

Nous présentons un outil permettant de suivre en temps réel l'élévation de la température pendant la prise du béton à l'aide de la fibre optique.

Mots-Clés: fibre optique, béton, pathologies

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: leogrammagnat@sensoptix.com

Monitoring of ultrasonic pulse velocity for earth concrete properties evaluation - Effect of curing conditions

Duc Chinh Ngo* ¹, Jacqueline Saliba ^{†‡} ², Zoubir Mehdi Sbartai ^{† §} ², Nadia Saiyouri [¶] ²

¹ University of Transport and Communications (UTC) – 3 Cau Giay road, Dong Da district, Hanoi, Vietnam, Vietnam

² Institut de mécanique et d'ingénierie (I2M) – CNRS : UMR5295 – 351 Cours de la Libération, France

Due to environmental concerns, the development of alternative construction materials such as earth concrete are needed nowadays. This paper aims to study the effect of curing conditions on the mechanical properties of earth concrete. The studied earth concrete mixtures were constituted of different percentages of clayey and sandy soil with limited quantities of cement, lime and hemp fibers. Earth concrete mixtures have been cast and vibrated as normal concrete. Compression tests have been carried out on samples at different age and curing conditions. The ultrasonic non-destructive technique has been used for monitoring the hardening of soil concrete in function of the curing conditions. The results show that the Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) decreases with the addition of clayey soil and hemp fibers. In addition, a good correlation has been observed between the compressive strength and the UPV and thus UPV can be used as an indicator for the evaluation of earth concrete mechanical properties.

Mots-Clés: Earth concrete, Clay, Hemp Fibers, curing conditions, Ultrasonic

*Auteur correspondant: chinhd@utc.edu.vn

†Intervenant

‡Auteur correspondant: jacqueline.saliba@u-bordeaux.fr

§Auteur correspondant: zoubir-mehdi.sbartai@u-bordeaux.fr

¶Auteur correspondant: nadia.saiyouri@u-bordeaux.fr

Monitoring the Size Effect Behavior of Earth Concrete incorporating Recycled Sand

Hassan Fardoun * ¹, Jacqueline Saliba[†] ¹, Nadia Saiyouri[‡] ¹

¹ Université de Bordeaux, UMR 5295, Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), CNRS, (i2M) – Université de Bordeaux, I2M CNRS UMR 5295 – Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence, France

With the increased awareness on environmental issues, more research is being done on earth concrete from one side and recycled sand (RS) from the other side. Such practices are accompanied with concerns due to lack of standards and high water absorption of RS compared to natural sand (NS). This work aims to test the effect of the complete replacement of NS by RS and the clay percentage on the mechanical properties of earth concrete and the size effect. The results of compression tests, conducted on cubic specimens of different sizes, are displayed. Furthermore, the acoustic emission (AE) technique has been used to monitor the failure behavior of earth concrete specimens. AE has reflected different aspects of the damage occurring. In RS mixtures, AE reveals higher activity as the sand percentage increases. Furthermore, the size effect was reflected by a lower AE.

Mots-Clés: earth concrete, recycled sand, mechanical properties, acoustic emission technique

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: jacqueline.saliba@u-bordeaux.fr

[‡]Auteur correspondant: nadia.saiyouri@u-bordeaux.fr

Multidiffusion des ondes GPR dans le béton : modélisation et expérimentation

Jean-Paul Balayssac * ¹, Teuku Ferdiansyah ², Stephen Razafindratsima ³,
Mehdi Sbartai ³, Vincent Garnier ⁴, Cédric Payan ⁵, Sandrine Rakotonarivo ⁶

¹ Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC) – Université Paul Sabatier - Toulouse III : EA3027 – 135 avenue de Ranguel 31077 Toulouse Cedex 04, France

² LMDC Toulouse (LMDC) – Université Paul Sabatier - Toulouse III : EA3027 – 135 avenue de Ranguel 31077 TOULOUSE Cedex 04, France

³ Université de Bordeaux, I2M - GCE, UMR 5295 (I2M) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

⁴ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) – CNRS : UMR7031 – IUT Département Génie Mécanique et Productique 413 Bd Gaston Berger 13 625 Aix en Provence Cedex1, France

⁵ Laboratoire de Mécanique d'Acoustique (LMA) – CNRS : UMR7031 – IUT Département Génie Mécanique et Productique 413 Bd Gaston Berger 13 625 Aix en Provence Cedex1, France

⁶ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) – CNRS : UMR7031 – IUT Département Génie Mécanique et Productique 413 Bd Gaston Berger 13 625 Aix en Provence Cedex1, France

Cette communication présente les résultats obtenus au cours du projet ANR DCND. L'objectif est de mettre en évidence la multidiffusion des ondes GPR dans le béton et de proposer des méthodes d'exploitation de ce phénomène pour la caractérisation de l'état du matériau, comme cela est fait avec les ondes ultrasonores.

Les effets de la multidiffusion sont d'abord mis en évidence par le biais de simulations numériques réalisées avec le logiciel GPRmax. Les résultats numériques révèlent bien l'apparition d'ondes incohérentes lorsque la taille des granulats augmente et que la longueur d'onde diminue. Sur la base des signaux obtenus, des procédures développées pour les ondes ultrasonores pour le traitement des signaux incohérents sont appliquées. On utilise tout d'abord le calcul de l'énergie de l'onde incohérente qui est modélisée par la solution 1D de l'équation de diffusion des ondes ultrasonores. La technique dite d'interférométrie de la coda (CWI) est également appliquée aux signaux obtenus. Les deux méthodes de traitement révèlent des tendances qui permettent d'espérer une possible exploitation de la multidiffusion des ondes GPR pour la caractérisation du béton.

Des essais sur des corps d'épreuve en béton avec différentes tailles de granulats sont également présentés. Les résultats confirment les observations de l'étude numérique à savoir que l'énergie de l'onde incohérente augmente avec la taille des inclusions et également avec le contraste entre les granulats et la pâte de ciment mise en évidence par le séchage du béton. Par l'interférométrie de la coda on met également en évidence l'effet du séchage, dont l'influence se révèle beaucoup plus forte sur ce paramètre que sur l'atténuation de l'onde cohérente.

*Intervenant

Mots-Clés: GPR, béton, multidiffusion, modélisation, expérimentation

Méthodologie d'évaluation non destructive optimale de la résistance des bétons in situ-Etude de cas

Bouchra Kouddane ^{*† 1}, Mehdi Sbartai^{‡ 1}, Sidi Mohammed Elachachi^{§ 1},
Nouzha Lamdouar ², Khoudja Ali Benyahia ³

¹ I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

² Ecole Mohammadia D'Ingénieurs (EMI) – Rabat, Maroc

³ Département de la Technologie, Université Djillali Bounaama (UDBKM) – Université Djillali Bounaama, 44225 Khemis-Miliana, Algérie

La voie directe de l'évaluation de la résistance mécanique du béton in situ est le recours à des prélèvements, en nombre suffisant pour obtenir une image représentative et significative de ce paramètre. La lourdeur de cette méthode (temps et coût des prélèvements) et les impacts qu'elle peut avoir sur l'exploitation de l'ouvrage, voire sur sa résistance (du fait de l'affaiblissement local qui peut en résulter) conduit à proposer une approche alternative à travers l'utilisation des techniques non destructives.

Les méthodologies actuelles pour évaluer la résistance mécanique du béton d'un ouvrage existant combinent des mesures non destructives (CND), comme la mesure du rebond et/ou la vitesse des ondes ultrasonores, avec des mesures destructives de manière à développer un modèle de conversion, entre la résistance mécanique et les mesures non destructives. Le modèle de conversion est ensuite utilisé pour estimer la la résistance mécanique à chaque emplacement de test sur la structure.

Cependant, la fiabilité des valeurs des résistances estimées demeure sujette de discussions compte tenu des incertitudes associées à l'estimation de la résistance basée sur les mesures CND. L'objectif de ce travail est donc d'évaluer la méthodologie actuelle afin de fournir des recommandations pratiques susceptibles d'améliorer la fiabilité de l'évaluation de la résistance mécanique des structures en béton.

Mots-Clés: END, CND, méthodologie d'évaluation, résistance du béton

*Intervenant

† Auteur correspondant: Bouchra.Kouddane@u-bordeaux.fr

‡ Auteur correspondant: zoubir-mehdi.sbartai@u-bordeaux.fr

§ Auteur correspondant: sidi-mohammed.elachachi@u-bordeaux.fr

Non-destructive testing of fresh concrete using the prism technique

Rahma Messaoudi *[†] ¹, Morad Grimes * [‡] ¹, Zoubir-Mehdi Sbartai * [§] ²

¹ NDT-LAB (NDT) – NDT-Lab Jijel University, Algérie

² I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

Recently, the prediction of mechanical properties of early-age concrete has been an important topic in civil engineering structures. This paper describes an ultrasonic method for testing fresh cementitious materials. The prism technique with transmission mode was used to generate both compressional and shear waves. When the concrete changes from the fresh state to hardened state, changes in the amplitude and the time of flight of the received signal passed through the specimen under testing can be clearly observed. Thus, enabling the measurement of the compressional and the shear waves velocities, the transmission coefficient and the determination of initial and final setting of the specimen under testing. To enhance the measurements of the time of flight and the amplitude of the concerned wave, a numerical algorithm based on the expectation maximization algorithm was used. The results of this investigation show the potentially of the proposed procedure to assess the quality of fresh cementitious materials from an early age, and project to final mechanical properties.

Mots-Clés: Prism technique, fresh concrete, compressional and shear waves, transmission coefficient, expectation maximization algorithm.

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: messaoudirahma@univ-jjel.dz

[‡]Auteur correspondant: moradgrimes@univ-jjel.dz

[§]Auteur correspondant: zoubir-mehdi.sbartai@u-bordeaux.fr

Numerical simulation of the effect of porosity and aggregates on the ultrasonic wave propagation in concrete

Fouzia Ariche * ¹, Morad Grimes * † ^{1,2}

¹ NDT-LAB (NDT-LAB) – NDT-LAb Jijel University, Algérie

² NDT-LAB (NDT) – NDT-Lab Jijel University, Algérie

Reinforced concrete structures subjected to many environmental conditions, may producing cracks, that propagate inside their bodies and reducing their lives. Since different ultrasonic waves mainly propagates and considered to reflect the structure shape, the orientation and the size of these cracks, therefore it is necessary to understand the generation mechanism and the propagation behavior precisely. In this study, the interaction between cracks and an ultrasonic wave is simulated using a numerical computational tool based on Elastodynamic Finite Integration Technique (EFIT). As simulation model, two dimensional micro-CT images of actual concrete specimen with different aggregate forms and porosity are used.

Mots-Clés: concrete, micro, CT images, compressional and shear waves, EFIT

*Intervenant

†Auteur correspondant: moradgrimes@univ-jijel.dz

Présentation du principe et du logiciel de fusion de données appliqués aux ENDs en Génie Civil

Mohammed Loudiyi * ¹, Jeremy Rabone ¹, Vincent Garnier * † ¹

¹ Aix Marseille Université, Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) – AMU -CNRS – 13 625
Aix en Provence Cedex 1, France

La surveillance des ouvrages en béton par des Essais Destructifs (ED) sur prélèvements peut être remplacée avec un moindre coût et sans endommagement de la structure par des Essais Non Destructifs (END).

Les méthodes d'END s'appuient sur le principe de l'inversion pour identifier les caractéristiques du matériau "indicateurs", à partir de mesures issues des techniques d'END "Observables". Des modèles de conversion établis en laboratoire permettent de corrélérer les observables aux indicateurs par des régressions multilinéaires ou quadratiques. Les limites de cette démarche sont d'une part la sensibilité des observables à plusieurs indicateurs et la variabilité du matériau face au nombreux types de bétons et aux différents vieillissements possibles de celui-ci.

La fusion de données développée à travers de nombreux projets nationaux (Senso, Evadeos, ACDC, ENDE) a permis de lever ces verrous et a conduit à des applications sur de nombreuses structures. Elle s'appuie sur la combinaison des résultats de plusieurs techniques et physique d'END. L'association des ondes électromagnétiques, des ondes ultrasonores et des champs électriques autorise l'identification simultanée de plusieurs indicateurs du matériau et donc de découpler leurs interactions réciproques. La mise en place d'un estimateur de qualité a permis d'optimiser les processus de fusion fondés sur la théorie des possibilités et aussi de mettre en place des procédures de recalage pour adapter les modèles de conversion à chaque béton considéré. Ceci nécessite des prélèvements en nombre limité.

Ces démarches d'inversion et d'optimisation sont disponibles sous la forme d'un logiciel de fusion associé à des guides. Nous présentons ici les outils, les déclinaisons possibles de la fusion-recalage ainsi que le traitement des données issues des auscultations sur des structures de génie civil tel que des ponts, des digues et une enceinte de confinement.

Nous concluons en ouvrant sur les applications et les développements en cours.

Mots-Clés: CND, Fusion de données, Optimisation, Recalage, Caractérisation du béton

*Intervenant

†Auteur correspondant: vincent.garnier@univ-amu.fr

RILEM TC ISC-239 recommendation on reliable assessment of on-site concrete strength with NDT testing ?

Denys Breysse * ¹, Jean-Paul Balaysac *

², Zoubir-Mehdi Sbartai * † ³

¹ Université de Bordeaux, I2M - GCE, UMR 5295 (I2M) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

² Laboratoire de Mécanique et de Durabilité des Constructions (LMDC) – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Toulouse – 135 Av. de Rangueil 31077 Toulouse cedex France, France

³ I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

The reliable assessment of concrete strength in existing structures is the complex challenge addressed by RILEM TC ISC-239. This committee has recently published recommendation after a five-year work. A book of guidelines and examples is now available that gives further explanations on how to apply the recommendation in practice. The book also provides additional information that justifies and explains what main choices have been taken.

This presentation will highlight the most original issues that have been studied by the RILEM committee and discuss what important issues must be addressed during on site-investigation.

It is first pointed that any on-site strength assessment based on Non Destructive Testing (NDT) must be considered in a probabilistic framework. A risk level must be assumed (i.e. a probability that the assessed value does not belong to a prescribed tolerance interval around the reference value) and the quality and quantity of resources devote to the investigation must be adapted to the target precision of the assessed strength.

The RILEM recommendation points at the following important issues :

- the precision of NDT test results has a high impact and it must be quantified during the investigation,

- NDT screening must be carried on before any sampling for cores. It provides NDT test results that will be the basis of the strength assessment, but it also helps in choosing the most efficient location of cores. This process, named "conditional coring", enables to significantly reduce the number of cores without reducing the reliability of the assessment,

- conversion model must be fitted for each specific case. This model must have a low number of free parameters (increasing this number provides only the illusion of accuracy but in fact

*Intervenant

†Auteur correspondant: zoubir-mehdi.sbartai@u-bordeaux.fr

increases the prediction error).

- Several methods can be used for calibrating conversion models for predicting mean compressive concrete strength. The developed and recommended bi-objective calibration method is the only one that can predict both mean compressive strength and its variability.
- the prediction error must be quantified at the end of the process, and is the only relevant way to address the accuracy of the strength estimates.

Mots-Clés: recommandation, évaluation non destructive, résistance du béton

Reconversion d'un plancher terrasse en plancher parking : de l'investigation à la réalisation

Samir Medhioub ^{*† 1,2}, Slah Bouraoui^{‡ 3}, Ali Ellouze^{§ 3}

¹ Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT) – Rue Béchir Salem Belkhiria Campus universitaire, BP 37, 1002, Le Bélvédère, 1002, Tunis, Tunisie

² Alfa Group (ALFA) – Route de Mahdia km10, Sfax, Tunisie

³ Laboratoire de Génie Civil-ENIT (LGC) – Tunis, Tunisie

La reconversion des fonctions d'un ouvrage bâti ne cesse d'être, dans nos jours, un besoin omniprésent. Ce besoin est dicté par le développement sociétal, économique et technologique. La société " SGI Hana " propriétaire de l'immeuble sis à charguia II – Tunis bâtie dans les années 80, a consigné, au vu de la demande incessante de ses locataires, d'une part, et le profit résultant, d'autre part, l'extension du parking de ladite immeuble, par la reconversion de quelques zones du plancher terrasse de l'immeuble en plancher parking. Pour y parvenir, et en absence des plans de recollement, un relevé architectural a été lancé et un programme d'investigation structurale a été mis en place. Le programme consiste principalement a réalisé une campagne d'essais sclérométrique et la mise à nu des fondations de quelques poteaux. La solution préconisée au vu des résultats ressortis des dits essais, et la prise en compte des contraintes éventuelles d'exécution, le renforcement des éléments structuraux du plancher terrasse des zones projetées par des structures métalliques.

Mots-Clés: investigation, renforcement, structure, parking, métallique

*Intervenant

† Auteur correspondant: samir.medhioub@gmail.com

‡ Auteur correspondant: bouraoui999@yahoo.fr

§ Auteur correspondant: ali.ellouze@enit.rnu.tn

Sensibilité des paramètres acoustiques à la fissuration du béton – Effet des dimensions et maturités -

Zohra Dahou ^{*†} ¹, Abdelkhalek Benmiloud ^{*}

¹, Zoubir-Mehdi Sbartai ^{*}

2

¹ Laboratoire mécanique des structures (LMS) – Université Tahri Mohamed Béchar, BP n° 417 route Kenadsa, Béchar 08000, Algérie, Algérie

² I2M - GCE, UMR 5295 (Université de Bordeaux) – Université de Bordeaux – 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France

Le béton est un matériau vulnérable vis-à-vis des actions engendrant des tractions dans les éléments qui favorisent l'apparition de différents types de fissures. En général, une fissure est considérée comme une discontinuité dans le champ de déplacement à travers lequel les contraintes de traction sont nulles ou diminuent en fonction de l'ouverture de cette même fissure. La fissuration gouvernée par des contraintes de traction se distingue en premier par une étape de microfissuration. Ces microfissures se connectent pour créer une ou plusieurs macrofissures caractérisant ainsi une phase de localisation de la fissuration. La propagation des macrofissures conduit à l'endommagement et à la rupture du volume du béton considéré. Dans cette contribution, le suivi de la fissuration et d'endommagement durant les essais de flexion est effectué à l'aide de la technique d'émission acoustique. Les principaux paramètres expérimentaux sont les dimensions des éprouvettes expérimentés et la maturité du béton. De la phase microfissuration à l'endommagement des différents éléments sous flexion nous mettons en exergue les relations entre les caractéristiques mécaniques, de ruptures et de l'activité acoustique en termes des paramètres des signaux (hits, événements, énergie) et la localisation cumulée des événements.

Mots-Clés: Emission acoustique, béton, essai de flexion, énergie, événements, fissuration, maturité.

*Intervenant

†Auteur correspondant: dzohra@gmail.com

Study of the effect of silica fume on the mechanical response of a self compacting concrete using non destructive testing methods (NDT)

Belagraa Larbi * ^{1,2}, Ibtissem Allali * [†] ³, Miloud Beddar ³, Oussama Kessal ⁴

¹ ³ Laboratory of Materials and Electronic Systems, Department of civil engineering, Faculty of Sciences and Technology, Bordj Bou Arreridj University, Bordj Bou Arreridj, (34 030), Algeria (LMSE) – Department of civil engineering, Faculty of Sciences and Technology, Bordj Bou Arreridj University, Bordj Bou Arreridj, (34 030), Algeria, Algérie

² Belagraa Larbi (Dep GC) – Route de B B Arreridj Faculty of Technology, Med Boudiaf University of M'sila (28 000), Algeria, Algérie

³ ² Laboratory of Materials and Mechanics of Structures, (LMMS) – , Department of civil Engineering, Med Boudiaf University of M'sila, M'sila(28 000), Algérie

⁴ ³ Laboratory of Materials and Electronic Systems, (LMSE) – Department of civil engineering, Faculty of Sciences and Technology, Bordj Bou Arreridj University, Bordj Bou Arreridj, (34 030), Algeria, Algérie

The self-compacting concretes are distinguished by an extreme fluidity, allowing their placement without vibration. mineral additions and admixture are two essential components for the formulation of self-placing concretes (SCC). They are introduced into the concrete to improve their rheological behavior in the fresh state, but also to participate in enhancing the mechanical properties and durability of concretes, especially in the case of active additives.

In this study, a test program was performed on self-placing concretes composed of cement and silica fume and lime filler as mineral addition. The series of tests were carried out using methods based on workability tests (Flow table, L-box and sieve stability tests) to determine the rheological parameters, mainly the fluidity, the ease of placing, the segregation. And the viscosity was measured using the rheometer at the fresh state. Mechanical characterization was performed by means of the direct (compressive) and non-destructive testing methods (NDT), ultrasonic velocity and rebound hammer for the assessment of the mechanical responses in the hardened state.

The results obtained showed an advantageous effect of these combined additions with an optimal dosage of 10% (5 % Silica fume + 5 % Limestone), with regard to the improvement of the rheological and physico-mechanical properties of the self-compacting concrete mixtures studied.

Mots-Clés: Self compacting concretes (SCC), rheological parameters, viscosity, mechanical re-

*Intervenant

†Auteur correspondant: ibtissem.allali@univ-msila.dz

sponse, Non, destructive testing methods(NDT).

Suivi continu de la dalle du tunnel du Mont-Blanc par mesures de déformation

François-Baptiste Cartiaux * ¹

¹ OSMOS GROUP [Paris] (OSMOS) – OSMOS – 37 rue La Pérouse 75116 Paris, France

La dalle sous chaussée du tunnel routier du Mont-Blanc fait l'objet d'un suivi en continu par mesures de déformations depuis 2016. Cette dalle en béton supporte d'importantes charges de circulation et est sujette aux pathologies courantes dues au vieillissement du béton : attaques de chlorures et corrosion des armatures.

Le dispositif de suivi présenté est constitué de capteurs de déformation autonomes mis en œuvre par OSMOS afin d'établir un diagnostic synthétique continu couvrant plusieurs parties de la dalle, en surveillant l'évolution de sa flexion sous charges permanentes et sous charges de circulation. On présente la technologie déployée ainsi que la méthode d'analyse automatique des mesures conçue afin d'établir une synthèse régulière de l'évolution de la dalle et de détecter d'éventuelles anomalies. L'opération de suivi décrite couvre deux phases différentes : de 2016 à 2018, un premier tronçon de 555 m de long a été suivi dans l'attente de sa reconstruction, menée à bien au printemps 2018. Ensuite, de 2019 à ce jour, les tronçons précédant et suivant sont suivis de manière préventive, pour un linéaire total de 1200 m. Ces deux tronçons feront également l'objet d'une reconstruction complète.

Mots-Clés: tunnel, béton, déformation, SHM, mesure en continu

*Intervenant

Suivi de la contrainte, de la microfissuration et d'une macro fissure à l'aide de scanners automatiques ultrasonores à ondes de surface

Charles Ciccarone ^{*† 1}, Bogdan Piwakowski ², Frederic Skoczylas^{‡ 1},
Radoslaw Drelich^{§ 3}, Jean-Marie Henaut ⁴

¹ Université Lille Nord (CNRS Lam Cube) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – , F-59651 Lille, France

² Univ. Lille Nord, CNRS, Centrale Lille, UMR 8520 – (IEMN, TPIA) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – F-59651 Lille,, France

³ Institute of Mechanics and Applied Computer Science, Kazimierz Wielki University, (KWU) – Bydgoszcz, Pologne

⁴ EDF-RD-STEP, (EDF-RD-STEP) – Ministre de l'agriculture et de l'alimentation – 6 Quai Watier, BP 49, 78401 Chatou, France

La recherche présentée dans cet article, réalisée et financée dans le cadre du projet française ANR (2015-2020) " Evaluation Non Destructive des Enceintes de confinement des centrales nucléaires " (ENDE), concerne le développement de méthodes non destructives (CND) de diagnostic du béton des murs d'enceintes nucléaires. Les pathologies examinées sont la contrainte, l'endommagement thermique, fissuration ou une macro-fissurée

La technique CND adoptée pour cette recherche est basée sur l'utilisation des ondes ultrasonores et sonores de surfaces. Elle a été mise en œuvre à l'aide de deux scanners uniques en ce qui concerne les solutions techniques adoptées, qui permettent d'ausculter le béton automatiquement et " sans " contact avec la surface auscultée

Les expérimentations ont été réalisées au laboratoire puis in situ sur une maquette développée par EDF (Electricité De France) dans le cadre du programme VeRCoRs (enceinte de confinement construite à l'échelle 1/3).

Pendant les tests au laboratoire, il a été conclu que dans l'intervalle de variations prévues pour un accident de l'enceinte de confinement, la vitesse est très sensible à l'endommagement thermique. Au contraire l'atténuation d'onde de surface est à priori très sensible à l'endommagement thermique et à la contrainte. Indépendamment il a été confirmé que l'onde de surface peut détecter une macro fissure et suivre son développement.

Les résultats obtenus in situ pendant les épreuves en pression dans l'enceinte de VeRCoRs montrent que la technique d'onde de surfaces permet de suivre des paramètres mécaniques globaux comme la contrainte et le module d'élasticité et de détecter des macrofissures (de très faibles

*Intervenant

† Auteur correspondant: charles.ciccarone@gmail.com

‡ Auteur correspondant: frederic.skoczylas@centralelille.fr

§ Auteur correspondant: radeko@ukw.edu.pl

ouvertures de quelques micromètres) et même de quantifier leur ouverture.

En perspective les scanners sont prêts à être utilisés pour le suivi régulier et automatique du vieillissement (micro et macro-fissuration, contrainte, module d'élasticité) d'une enceinte nucléaire réelle. Étant donné la possibilité d'automatisation des mesures, il serait intéressant de s'orienter vers la construction d'un dispositif qui balaie le mur entier.

Mots-Clés: Contrôle Non Destructif, béton, macro fissures, fissuration, ondes de surface, transducteurs sans contact, dispersion de vitesse, atténuation, module d'élasticité, signal chirp, mesure automatique, scanner

Suivi par Emission Acoustique du Processus d'Endommagement et de Rupture des Bétons Bitumineux sous Chargement de Fatigue Mécanique

Benaboud Soufyane ^{*† 1}, Mokhfi Takarli^{‡ 1}, Bertrand Pouteau ², Fatima Allou ¹, Frédéric Dubois ¹, Pierre Horny ³, Mai Lan Nguyen ³

¹ Laboratoire de Génie Civil, Diagnostic et Durabilité (GC2D) – Université de Limoges : EA3178 – Centre Universitaire de Génie Civil Boulevard Jacques Derche, 19300 Egletons, France

² Centre de Recherche Eurovia (Centre de recherche de Mérignac) – EUROVIA – 22 rue Thierry Sabine 33703 Merignac, France

³ Laboratoire Auscultation, Modélisation, Expérimentation des infrastructures de transport (MAST-LAMES) – Université Gustave Eiffel – Allée des Ponts et Chaussées Route de Bouaye 44344 Bouguenais Cedex, France

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet ANR MOVEDVDC (MODélisation du Vieillissement et de l'Endommagement pour l'évaluation de la Durée de Vie des Chaussées) qui vise à améliorer les méthodes de redimensionnement des anciennes chaussées pour optimiser leurs entretien. Dans ce contexte, La compréhension des mécanismes de fissuration des matériaux en service et le suivi de l'évolution de leur endommagement sont parmi les facteurs clés pour améliorer les outils de dimensionnement. Parmi les verrous identifiés dans ce projet, est l'adaptabilité des essais de fatigue conventionnels pour l'estimation des performances résiduelles des matériaux bitumineux en service qui reste un point sensible. Cet article présente une première investigation expérimentale dont l'objectif est de mettre en exergue le potentiel de la technique d'émission acoustique (EA) dans la compréhension des phénomènes dissipatifs mis en jeu lors d'un essai de fatigue mécanique. Si la technique d'EA est largement utilisée dans le suivi de l'endommagement des matériaux composites et souvent fragiles, son utilisation est en revanche peu fréquente dans le domaine des matériaux bitumineux. En effet, en plus de leur caractère hétérogène, s'ajoutent notamment des difficultés liées aux effets du comportement viscoélastique thermo-susceptible sur les phénomènes de propagation des ondes. Des éprouvettes de forme trapézoïdale, prélevées d'une structure de chaussée en service depuis 19 ans, sont testées en flexion 2 points à 10°C-25Hz et instrumentées par 8 capteurs piézoélectriques pour la détection de l'activité acoustique. Sur le plan qualitatif, les résultats mécaniques confirment l'existence des trois phases distinctes de l'évolution du module. L'EA quant à elle montre globalement une cinétique en deux phases : une activité modérée dès le début de l'essai témoignant de la présence d'un pré-endommagement et une augmentation significative et quasi-continue du nombre de Hits jusqu'à la ruine du matériau. Sur le plan quantitatif, le seuil d'initiation d'endommagement lié au chargement mécanique identifié par EA est comparé aux critères conventionnels de perte de module et d'énergie réduite.

*Intervenant

†Auteur correspondant: soufyane.benaboud@unilim.fr

‡Auteur correspondant: mokhfi.takarli@unilim.fr

Mots-Clés: Emission acoustique, Béton bitumineux, fatigue mécanique, endommagement

Suivi, détection et caractérisation d'un front de lixiviation par techniques destructives et non destructives

Charles Ciccarone * ^{1,2}, Bogdan Piwakowski[†] ², Frederic Skoczylas[‡] ¹,
Jean-Marie Henaut[§] ³

¹ Université Lille Nord (CNRS Lam Cube) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – , F-59651 Lille, France

² Univ. Lille Nord, CNRS, Centrale Lille, UMR 8520 – (IEMN, TPIA) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – F-59651 Lille,, France

³ EDF-RD-STEP, (EDF-RD-STEP) – Ministre de l'agriculture et de l'alimentation – 6 Quai Watier, BP 49, 78401 Chatou, France

La majorité des bétons armés des structures du génie civil sont soumis à des processus de lixiviation, dans la mesure où il est très courant que ces bétons soient en contact avec un milieu de plus bas pH. À partir d'une surface de béton exposée à ce milieu, un front de matériau lixivié va progresser dans la profondeur du béton. Lorsque le front va atteindre les premières armatures d'acier du béton armé, des mécanismes néfastes vont se mettre en place. Dans de telles situations, il est nécessaire de pouvoir estimer/suivre la profondeur du front de lixiviation. L'objectif des travaux présentés dans cet article est d'évaluer la capacité de la méthode CND acoustique basée sur l'utilisation des ondes ultrasonores de surface pour détecter la présence de lixiviation et évaluer sa profondeur, les méthodes actuelles de détection étant majoritairement destructives.

La technique des ondes de surface a été mise en œuvre à l'aide d'un scanner qui permet d'ausculter le béton automatiquement et " sans " contact avec la surface auscultée. Les performances de cette technique CND ont été testées sur des dalles spécialement élaborées, et les résultats étaient comparés à des méthodes de mesures destructives nécessitant un carottage des éprouvettes.

Toutes les méthodes utilisées, destructives et CND, ont donné des résultats très proches : la couche est dégradée jusqu'à une profondeur proche de 1 cm et la progression de la dégradation ralentit à partir de cette profondeur. L'atténuation d'onde et les gradients de sa vitesse de phase apparaissent comme des observables très sensibles à la lixiviation (augmentation respectivement de 600 % et 500 % pendant les tests effectués alors que la vitesse varie seulement de 20 %). La méthode CND par ondes de surfaces, a montré sa pertinence dans l'étude de la lixiviation des surfaces de béton, et des matériaux du génie civil a priori. Sa capacité à détecter un front de lixiviation rend compte de son intérêt pour évaluer la durée de vie des structures affectées par la lixiviation. Il paraît établi que la technique est prête à être testée sur site.

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: bogdan.piwakowski@centralelille.fr

[‡]Auteur correspondant: frederic.skoczylas@centralelille.fr

[§]Auteur correspondant: jean-marie.henault@edf.fr

Mots-Clés: lixiviation, pâte cimentaire, porosité, module d'élasticité, perméabilité, onde de surface, signal chirp, vitesse, atténuation, inversion

Surveillance d'un ouvrage d'art en béton par un réseau de capteurs GPS

Nicolas Manzini * ^{1,2}, André Orcesi ², Christian Thom ³, Marc-Antoine Brossault ⁴, Serge Botton ⁵, Miguel Ortiz ⁶, John Dumoulin ⁷

¹ SITES SAS (SITES) – SITES – 95-97 Avenue Victor Hugo, 92500 Rueil-Malmaison, France

² Expérimentation et modélisation pour le génie civil et urbain (MAST-EMGCU) – Université Gustave Eiffel – 14-20 Boulevard Newton, Cité Descartes, Champs sur Marne, F-77454 Marne la Vallée, France

³ Laboratoire sciences et technologies de l'information géographique (LaSTIG) – Institut National de l'Information Géographique et Forestière [IGN], Université Gustave Eiffel, Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris – 73, avenue de Paris, 94165 Saint-Mandé CEDEX, France

⁴ SITES SAS (SITES) – SITES – 5 Route du Perollier, 69570 Dardilly, France

⁵ Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) – Institut National de l'Information Géographique et Forestière [IGN], Université Gustave Eiffel – Cité Descartes, 6-8 avenue Blaise Pascal, Champs-sur-Marne, F-77447 Marne-la-Vallée CEDEX, France

⁶ Aménagement, mobilités et environnement - GEOLOC (AME-GEOLOC) – Université Gustave Eiffel – Allée des Ponts et Chaussées, CS 5004, 44344 Bouguenais Cedex, France

⁷ Centre d'études et d'expertise sur les Risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement - Direction territoriale sud ouest (Cerema DTerSO) – Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement – 24 rue Carton, CS 41635, 33073 Bordeaux CEDEX, France

Le Global Positioning System (GPS) est une constellation de satellites permettant le positionnement dans un référentiel local ou global pratiquement n'importe où à la surface du globe. L'une des caractéristiques clés du positionnement par satellites est l'absence de dérive au cours du temps, permettant le suivi de déplacements lents à long terme. Durant la dernière décennie, différentes évolutions ont été apportées sur les méthodes de traitement (calcul en temps réel, calcul en réseau) ainsi que sur le matériel GPS (récepteurs et antennes). Grâce à ces évolutions, il est désormais possible d'obtenir une précision infra-centimétrique avec un matériel modeste et peu coûteux, permettant d'envisager son utilisation dans des applications de surveillance structurale. Les ouvrages d'art sont des éléments clés des réseaux de communication et de l'aménagement du territoire. Le vieillissement global du parc mondial augmente le nombre d'ouvrage suivis par instrumentation. Les techniques d'instrumentation traditionnelles reposent majoritairement sur des mesures locales et relatives, rendant difficile le suivi à long terme des ouvrages de grandes dimensions. Dans ce contexte, les systèmes de positionnement par satellites apparaissent comme complémentaires à ces techniques.

Cet article présente l'instrumentation du pont de Brotonne, pont à haubans en béton précontraint situé en France, à l'aide d'un réseau de capteurs Geocube, des stations GPS intelligentes développées par l'IGN. Les séries temporelles GPS d'éléments caractéristiques de l'ouvrage (pylônes, tablier, joints) sont comparées et corrélées avec des mesures de température acquises dans l'ouvrage. Cette étude valide le potentiel de tels capteurs pour les applications de surveillance structurale de grands ouvrages en béton.

*Intervenant

Mots-Clés: GPS, surveillance, pont, satellite

Surveillance non destructive de l'état du béton des enceintes de confinement des centrales nucléaires avec et sans précontrainte

Odile Abraham *¹, Jean-François Chaix², Charles Ciccarone³, Xavier Derobert⁴, Olivier Durand⁵, Vincent Garnier⁶, Gautier Gugole⁵, Jean-Marie Hénault⁷, Jean-Baptiste Legland⁵, Bogdan Piwakowski⁸, Sandrine Rakotonarivo⁶, Hognon Sogbossi⁹, Jérôme Verdier⁹, Géraldine Villain¹⁰

¹ Laboratoire Géophysique et Evaluation Non Destructive (Univ Eiffel / GERS / GeoEND) – Université Gustave Eiffel – Campus Nantes, CS4 F-44344 Bouguenais Cedex, France, France

² Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) – CNRS : UPR7051 – Antenne CND - Université d'Aix-Marseille - 413 Avenue Gaston Berger - 13625 Aix-en-Provence Cedex, France

³ Laboratoire de mécanique de Lille (LML) – Ecole Centrale de Lille, Université Lille I - Sciences et technologies, CNRS : UMR8107, Arts et Métiers ParisTech – Bâtiment M6 Bvd Paul Langevin 59655 VILLENEUVE D ASCQ CEDEX, France

⁴ Laboratoire Géophysique et Évaluation Non Destructive (IFSTTAR/GERS/GEOEND) – IFSTTAR – Route de Bouaye - CS 5004 44344 Bouguenais Cedex, France

⁵ Université Gustave Eiffel, Campus Nantes (UNIV GUSTAVE EIFFEL) – GERS-GeoEND – Allée des Ponts et Chaussées, Routes de Bouaye - CS 5004, 44344 Bouguenais, France, France

⁶ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique [Marseille] (LMA) – Aix Marseille Université : UMR7031, Ecole Centrale de Marseille : UMR7031, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7031 – 4 impasse Nikola Tesla CS 4000613453 Marseille Cedex 13, France

⁷ EDF Prisme (EDF Prisme) – EDF Recherche et Développement – 6 quai Watier 78400 Chatou, France

⁸ Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN) - UMR 8520 (IEMN) – Ecole Centrale de Lille, Institut supérieur de l'électronique et du numérique (ISEN), Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8520, Université Polytechnique Hauts-de-France, Institut supérieur de l'électronique et du numérique (ISEN) – Laboratoire Central – Cité Scientifique – Avenue Poincaré – CS 60069 – 59652 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX, France

⁹ Laboratoire Matériaux et Durabilité des constructions (LMDC) – Institut National des Sciences Appliquées - Toulouse, Institut National des Sciences Appliquées, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées – INSA-UPS 135 Avenue de Rangueil - 31077 TOULOUSE CEDEX, France

¹⁰ Laboratoire Auscultation, Modélisation, Expérimentation des infrastructures de transport (IFSTTAR/MAST/LAMES) – IFSTTAR, PRES Université Nantes Angers Le Mans [UNAM] – Centre de Nantes Route de Bouaye - BP 4129 44341 Bouguenais Cedex, France

Les enceintes de confinement en béton précontraint des centrales nucléaires jouent un rôle majeur de sécurité en cas d'accident pour préserver l'environnement de fuites radioactives. Pour assurer la sûreté des installations, il est important de contrôler régulièrement les structures dont le prolongement de la durée de vie est acté et d'estimer leur endommagement en cas d'accident. Un accident provoque des augmentations de pression et de température dans l'enceinte interne

*Intervenant

et donc une diminution de la contrainte et une augmentation de la température du béton. Dans le projet PIA ANR ENDE, huit universitaires et laboratoires industriels avec des compétences en Évaluation Non Destructive (END), ont étudié le potentiel et la pertinence d'utiliser des ENDS pour suivre l'état du béton en termes de contrainte, d'endommagement et de fissuration dans de telles conditions. Dans cette présentation, nous nous concentrons sur la synthèse des résultats obtenus avec différentes techniques ENDS. Des tests expérimentaux ont été réalisés en laboratoire sur des dalles de 0,5 m x 0,25 m x 0,12 m, saines ou endommagées thermiquement, sous différents chargements statiques en compression, pour une formulation de béton spécifique. De manière complémentaire, des mesures ENDS ont été effectuées in-situ pendant une épreuve enceinte jusqu'à une pression de 4 bars sur le moyen d'essai VeRCoRs, maquette à l'échelle 1/3 d'une enceinte de confinement double paroi (cylindre de diamètre égal à 16 m, de 30 m de hauteur avec des parois de 0,40 m d'épaisseur). Des mesures radar (GPR), capacitive, de résistivité, de perméabilité et des mesures ultrasonores (impact echo, ondes de surface, pulse echo, interférométrie des ondes de coda, acoustique non linéaire, etc.) ont été entreprises. De bons accords sont observés entre les mesures de laboratoire et celles in situ. Cette étude ouvre des perspectives industrielles et de recherche notamment en lien avec la fusion de données pour l'estimation quantitative de propriétés telles que la teneur en eau, la porosité, la perméabilité.

Mots-Clés: Non Destructive Evaluation, nuclear, GPR, ERT, impact echo, Capacitive, UPE, coda, Surface waves, Nonlinear acoustics

Synthèse des méthodes non destructives, destructives et les corrélations pour des systèmes en béton

Ali Zine Elabidine Benkabouche *† 1,2,3,4,5,6,7,8

- ¹ Research Unit EPROAD, University of Picardie jule verne, Amiens, France (EPROAD) – University of Picardie jule verne, Amiens, France – 7 rue du Moulin neuf Amiens 80000, France
- ² Miloud Hamadache (Laboratory of Materials LABMAT, National Polytechnic School, ENPO Maurice Audin, Oran, Algeria . Research Unit EPROAD, University of Picardie jule verne, Amiens, France , Department of Civil Engineering, Relizane University center, Algeria) – BP 59 Relizane 4801, Algeria, Algérie
- ³ M.t'kint Quéneudec (Research Unit EPROAD, University of Picardie jule verne, Amiens, France) – M.t'kint Quéneudec – 7 Rue Moulin 9 Amiens 80080, France
- ⁴ A.Goullieux (Research Unit EPROAD, University of Picardie jule verne, Amiens, France) – A.Goullieux – 7 Rue Moulin neuf 80080, France
- ⁵ R.Marie DHEILLY (Research Unit EPROAD, University of Picardie jule verne, Amiens, France) – R.Marie DHEILLY – 7Rue Moulin neuf 80080, France
- ⁶ N.Montrely (Research Unit EPROAD, University of Picardie jule verne, Amiens, France) – N.Montrely – 7Rue Moulin neuf 80080, France
- ⁷ M. Mouli (Laboratory of Materials LABMAT, National Polytechnic School, ENPO Maurice Audin, Oran, Algeria) – ENPO d'Oran, Algeria, Algérie
- ⁸ M.A.Bekkaddour (Research Unit EPROAD, University of Picardie jule verne, Amiens, France) – M.A.Bekkaddour – 7Rue Moulin neuf 80080, France

Cette étude est basée sur les méthodes de contrôle non destructif (CND), le contrôle destructif (ED) et les corrélations entre eux. Ces techniques reposent sur des principes physiques bien connus et le rôle de l'ingénieur de suivi qui fait les méthodologies des mesures. Les deux besoins majeurs des gestionnaires d'ouvrages sont celui de l'optimisation de la stratégie de reconnaissance (où mesurer ? en combien de points ? avec quelle(s) techniques(s) et quelle précision ?) et celui de la quantification des propriétés mécaniques des matériaux.

Les techniques de CND considérées sont choisies parmi les plus complémentaires : ultrasons et rebond (scléromètre). Les résultats expertisés sont obtenus à partir d'une large campagne expérimentale effectuée sur un projet d'un immeuble est déjà réalisé, le projet en béton armé est un système ossature poteaux-poutre. L'analyse de la variabilité des CND a permis d'évaluer le nombre minimal des mesures nécessaires pour un niveau de confiance souhaité par les nomogrammes des courbes de (ultrason, résistance et rebond).

Les corrélations proposées dans cette étude sont développées sur l'ensemble des différents bétons testés à l'âge de 28 jours par apport à la date du coulage des éléments structuraux. Pour trouver l'équation de régression qui s'applique le mieux à la détermination de la résistance du béton à l'aide des équations uniparamétriques exprimant les rapports $R_c = f(I)$ et $R_c = f(V)$ ou à l'aide des équations de corrélation multiples $R = f(I, V)$, on a eu recours au coefficient de corrélation " r " et l'erreur type " s ".

*Intervenant

†Auteur correspondant: compti1193@gmail.com

Mots-Clés: Béton armé, contrôle non destructif (CND), corrélation, incertitude, contrôle destructif (CD).

The effect of high temperature on the properties of concrete reinforced by various fibers

Hassiba Belaribi * 1,2

¹ Belaribi Hassiba (Dr) – université de mohamed khider biskra, Algérie

² Mellas Mekki (professeur) – Université Mohamed Khider Biskra, Algérie

The effect of high temperature on the mechanical properties of concrete reinforced by various fibers (polypropylene (P) and steel (M) and carbon (C) fibers) with ratios of E/C fixed at 0.35 has been investigated in this study. Concrete specimens were fabricated from different concrete mixtures and cured for 56 days. After curing and natural drying, the specimens were prepared and heated at a rate of 10°C/min up to different temperatures (200, 300, 400 and 600°C) in an electric furnace. The parameters measured are: The Compressive strength, tensile strength, mass loss, porosity and ultrasonic pulse velocity were investigated. A scanning electron microscopy was used to estimate the modification of surface texture. Results revealed the variations in porosity, compressive strength which could be due to the adding of fibers. The ultrasonic pulse velocity test was proposed as a favorable initial examination technique for fire damaged concrete structure. And mathematical models were used to establish the relationships between strength and ultrasonic pulse velocity.

Mots-Clés: concrete, temperature, polypropylene fiber regressions, metal fibers, carbon fibers, mechanical properties, nondestructive testing, ultrasound.

*Intervenant

Thermographie infrarouge active appliquée à l'auscultation d'un élément en béton comportant des armatures métalliques par interférométrie micro-ondes

Franck Brachelet * ¹, Samang Keo ², Didier Defer ¹, Emmanuel Antczak ¹

¹ Laboratoire Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE) - EA 4515 (LGCgE) – Université d'Artois – Béthune, F-62400, France, France

² Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC) – Université de Toulouse Paul Sabatier – 135 Avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex 4., France

La thermographie infrarouge a montré depuis plusieurs décennies son potentiel pour le diagnostic thermique des bâtiments et des ouvrages de génie civil. Les structures en béton en particulier sont soumises à des sollicitations thermiques naturelles dues aux différents cycles saisonniers et journaliers ainsi qu'à des contraintes thermiques propres à leur environnement microclimatique. La diffusion de la chaleur dans les éléments auscultés est influencée par leurs propriétés thermiques et leur structure interne. Elle peut permettre de fournir des informations sur des paramètres de cette structure si ceux-ci impactent le champ de température de surface. Les sollicitations naturelles sont de nature aléatoire et ne comportent pas nécessairement de composantes spectrales adaptées aux objets ciblés ou suffisamment énergétiques pour provoquer un effet sensible. Elles sont généralement difficiles à exploiter quantitativement. Le recours à une excitation artificielle (flash, laser, rayonnement infrarouge) permet de générer des sollicitations riches et suffisamment intenses. Toutefois, les constantes de temps très longues liées au phénomène de diffusion thermique constituent un handicap pour ce type d'approche. Dans le travail présenté, une excitation par des ondes électromagnétiques dans le domaine des micro-ondes est proposée. Un élément de béton armé soumis à un rayonnement micro – ondes subit d'une part une sollicitation thermique dans la masse mais voit d'autre part s'établir un phénomène d'interférences électromagnétiques entre les ondes incidentes et celles réfléchies par un ensemble d'armatures métalliques. Le réseau d'interférences génère en surface un échauffement par effet radiothermique. Cet échauffement peut être analysé par thermographie infrarouge. Plusieurs séries de tests sont présentées. Cette méthode originale se révèle efficace et rapide sur la paroi expérimentale étudiée. Les élévations de température de plusieurs degrés la rendent applicable à des structures en béton armé. La mise en œuvre de cette méthode impose néanmoins aux opérateurs de prendre des précautions.

Mots-Clés: Thermographie, Micro, ondes, Béton

*Intervenant

Un Groupe de Travail à la COFREND pour structurer les END en Génie Civil

Vincent Garnier *¹, Philippe Paillette *

², Odile Abraham³, B Collin⁴, Jean Salin^{5,6}, Xavier Legoff^{5,6}, Etienne Martin^{5,6}

¹ Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique [Marseille] (LMA) – Aix Marseille Université : UMR7031, Ecole Centrale de Marseille : UMR7031, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7031, Aix-Marseille Université - AMU, CNRS : UMR7031 – 4 impasse Nikola Tesla CS 4000613453 Marseille Cedex 13, France

² Centre d'études des tunnels (CET) – ... – ..., France

³ Laboratoire Géophysique et Evaluation Non Destructive (Univ Eiffel / GERS / GeoEND) – Université Gustave Eiffel – Campus Nantes, CS4 F-44344 Bouguenais Cedex, France, France

⁴ SITES (SITES) – – ..., France

⁵ Confédération Française des Essais Non Destructifs (COFREND) – COFREND – 64, Rue Ampère 75017 Paris, France

⁶ Confédération Française des Essais Non Destructifs (Cofrend) – – ..., France

Le Contrôle Non Destructif et l'Evaluation Non Destructive des bétons et structures en Génie Civil font appel à des techniques en plein développement et ceci pour répondre à des besoins croissants. Bien que la communauté échange à travers des communications, séminaires et publications, il est important de fédérer les différents corps de métiers. Il est nécessaire pour tous les acteurs de l'END&GC et pour les maîtres d'ouvrages de structurer un réseau national afin de valoriser et mettre en cohérence l'ensemble des méthodes d'évaluation et des formations existantes.

C'est pourquoi la Confédération Française des Essais Non Destructifs " COFREND " a créé un Groupe de Travail fondé autour de quatre axes de travail :

Communiquer afin de rendre lisibles et accessibles les formations, les développements et les connaissances des END&GC.

Anticiper et définir les Besoins en termes de structures à ausculter, de mesures, de défauts et de méthodes mises en œuvre. La veille technologique et la mise en commun des connaissances permettent d'identifier les verrous à lever et les moyens à mettre en œuvre ainsi que les besoins en personnels et en compétences.

Qualifier les techniques afin de rendre lisible les moyens existants par un travail sur la normalisation et les recommandations.

*Intervenant

Qualifier les personnels par la formation et la qualification afin d'harmoniser les mesures et leur exploitation pour un meilleur travail collaboratif, une efficacité plus importante et une sécurité accrue.

Nous présentons la méthode de travail, les acteurs et les résultats de ces travaux initiés en 2016. Ils conduisent à la création d'un 5ème Comité Sectoriel au sein de la COFREND.

Nous détaillons ensuite les travaux réalisés par l'axe " anticiper et définir les besoins ". Ils visent à identifier pour tous les types de structures et leurs gestionnaires, les attentes en termes d'auscultations par objectifs, par techniques et par essais non destructifs

Après un rappel du vocabulaire utilisé et des limites du champ d'application, les travaux consiste à recenser d'abord les principaux domaines et leurs différentes structures de génie civil pour lesquelles des auscultations sont nécessaires, ceci aux différentes phases de la vie des ouvrages.

Mots-Clés: Groupe de Travail, Qualifier, Fédérer, Former, Comité Sectoriel, COFREND

Uniformisation et automatisisation du monitoring des tensions dans les suspentes et haubans de ponts

Patrice Toussaint ^{*† 1}, Thierry Auguste^{‡ 1}, Vincent Denoël ^{* § 2}, Margaux Geuzaine^{¶ 2}, Christophe Rutten^{|| 3}, Christophe Rutten^{** 3}

¹ Direction de l'Expertise des Ouvrages (SPW) – Rue Côte d'Or, 253 - 4000 Liège, Belgique

² Université de Liège (ULiège) – Place du 20 Août, 7 - 4000 Liège, Belgique

³ V2i Belgium (V2i) – Rue du Pré Aily, 25 - 431 Angleur, Belgique

La détermination des tensions des haubans et suspentes de ponts par mesures accélérométriques est maîtrisée et utilisée depuis longtemps au SPW (Service Public de Wallonie), mais la méthode utilisée ne permet pas un calcul correct pour les suspentes présentant des géométries complexes, et le contrôle est effectué de manière ponctuelle avec une périodicité variable. Le projet présenté, issu d'une collaboration avec l'Université de Liège et la société V2i spécialisée dans l'acquisition et le traitement vibratoire a permis de développer un système performant d'instrumentation basé sur cette technique et destiné à remplacer la méthodologie actuelle :

- Les algorithmes d'acquisition et de traitement des données issues des accéléromètres sans fil permettent un calcul précis des tensions pour toute géométrie complexe des suspentes (raideur flexionnelle, encastremements partiels, ...)
- Les données, recueillies plusieurs fois par jour, sont traitées et transmises sur le cloud, permettent un suivi sécuritaire en continu via une gestion automatisée des alertes mises en place

Mots-Clés: instrumentation, capteurs, vibrations, télémessure, haubans

*Intervenant

†Auteur correspondant: patrice.toussaint@spw.wallonie.be

‡Auteur correspondant: Thierry.auguste@spw.wallonie.be

§Auteur correspondant: v.denoel@uliege.be

¶Auteur correspondant: mgeuzaine@uliege.be

||Auteur correspondant: c.rutten@v2i.be

**Auteur correspondant: c.rutten@v2i.be

Usage des formulations de béton à base du sable de Dragage dans la fabrication des tétrapodes pour protection des digues portuaires

Mehdi Hassoune * ¹, Ghita Chraïbi ¹, Hassan Fatmaoui ¹, Chaoufi Jamal ¹

¹ Université d'Ibn Zohr (LETSMIP) – Département de physique, the University Ibn Zohr, 80200 Agadir, Morocco, Maroc

Les constructions portuaires (quais et digues) nécessitent une énorme consommation de matériaux, en particulier de béton et de ses composants, ainsi que de sable, d'où la nécessité de développer des solutions alternatives en utilisant le sable de dragage portuaire, évalué à des milliers de tonnes par son utilisation dans le béton qui forme les blocs des murs de quai. Après avoir démontré dans un travail précédent la possibilité d'utiliser le sable de dragage du port d'Agadir dans des formulations de béton, le présent travail consiste à montrer la possibilité d'utiliser le sable de dragage du port d'Agadir dans des formulations de béton qui peuvent être utilisées dans la construction des tétrapodes de béton provenant d'une formulation de béton à base du sable de dragage, plus précisément 50% du sable rentrant dans la formulation est un sable de dragage extrait du port d'Agadir. L'utilisation éventuelle du sable de dragage dans le béton des tétrapodes permettra des gains énormes en ce qui concerne les quantités de sable et donc permettra une consommation moins des matériaux de construction, et jouera également un rôle plus important dans la préservation de l'environnement marin et ceci en évitant le clappage des matériaux de dragage.

Mots-Clés: Béton, sable de dragage, tétrapodes, digues, environnement

*Intervenant

" Lames orphelines " Mise en œuvre et études paramétriques d'une nouvelle génération de capteurs d'alerte

Myriam Bouichou ^{*† 1}, Mahdi Khadra ², Elisabeth Marie-Victoire ^{* ‡ 1},
Christian Cremona ^{§ 3}, Stéphanie Vildaer ³, Mirah Rakarabo ¹

¹ Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH) – Ministère de la Culture et de la Communication, Centre de Recherche sur la Conservation (CRC-USR 3224), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Universités, – 29, rue de Paris - 77420 Champs sur Marne, France

² SITES Nord (SITES Nord) – Groupe IDO (Inspection et Diagnostic d'Ouvrage) – 110 Avenue de Flandre, 59290 Wasquehal, France, France

³ Bouygues Travaux publics (Pôle Ingénierie Matériaux) – Bouygues – 78114 Magny-les-Hameaux, France

La France compte aujourd'hui plus de 840 monuments historiques en béton. Leur principale pathologie est une corrosion des armatures, la plupart du temps induite par un phénomène de carbonatation, parfois associé aux ions chlorure. Cette altération génère d'importantes pertes de matières d'origine, et engendre des coûts de restauration considérables. La mise en place de capteurs d'alerte permettant de mieux anticiper la progression de la corrosion représente donc un enjeu majeur de la conservation des monuments historiques en béton. Dans ce contexte, le système de " lames orphelines " brevetées par la société Bouygues TP est un outil particulièrement prometteur.

Ce système consiste à placer de fines lames métalliques entre la surface de béton et le premier lit d'armatures, puis à les chauffer par induction magnétique. La réponse thermique est alors analysée par imagerie infrarouge, la signature thermique étant caractéristique de l'état de corrosion de ces lames et donc de l'avancée d'agents agressifs au sein du béton.

Le brevet et les études de faisabilité et de validation réalisées avaient posé les bases de la technologie. Mais de nouvelles recherches étaient nécessaires pour optimiser la méthode du point de vue de sa mise en œuvre, de l'exploitation des résultats, et de sa fiabilité.

Un porte-lame conçu en impression 3D a été développé, permettant une mise en place précise du capteur dans le béton. En parallèle, une nouvelle méthode d'exploitation des données de thermographie IR a été mise au point. La fabrication d'éprouvettes de béton contenant des lames artificiellement corrodées a permis d'étudier les paramètres représentatifs de la mesure, comme le temps ou la fréquence de l'induction en fonction de l'épaisseur de béton et des lames. Les influences sur la mesure des conditions environnementales et des propriétés du béton, ont aussi été évaluées.

*Intervenant

†Auteur correspondant: myriam.bouichou@culture.gouv.fr

‡Auteur correspondant: elisabeth.marie-victoire@culture.gouv.fr

§Auteur correspondant: C.CREMONA@bouygues-construction.com

Les résultats du projet ont montré que la technique des " lames orphelines " est fiable, et permet pour le moment de différencier l'état de corrosion des lames jusqu'à des profondeurs de 3.5 cm. Elle constitue un système d'alerte efficace de la corrosion des armatures, permettant le suivi de la progression d'agents agressifs dans le béton.

Mots-Clés: Capteurs d'alerte, corrosion, induction, thermographie infrarouge

Étude et correction de l'effet des électrodes pour les mesures TRE à petite échelle et application

Cécile Verdet * ¹, Colette Sirieix ¹, Yannick Anguy ¹, Cécile Gaborieau ¹, Rémi Clément ²

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5295, Arts et Métiers Sciences et Technologies, Université de Bordeaux, Institut polytechnique de Bordeaux, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement – F-33400 Talence, France

² Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) – INRAE – VILLEURBANNE - LA DOUA 5 rue de la Doua CS 70077 69626 VILLEURBANNE Cedex, France

La tomographie de résistivité électrique (TRE) est une méthode géophysique qui permet d'estimer le degré de saturation des matériaux. Les profils d'acquisition TRE sont classiquement constitués d'électrodes disposées en ligne plurimétrique à la surface du sol. Les résistivités obtenues sont dites apparentes et nécessitent un processus d'inversion afin d'obtenir une coupe 2D de résistivité vraie. En contrôle non destructif (CND), la résistivité électrique est souvent mesurée au moyen d'un quadripôle.

La TRE *in situ* à plus petite échelle (centi- ou déci- métrique) permet une auscultation directe des bâtis (en béton, maçonnerie...). Le problème principal de l'application d'une telle méthode à cette échelle réside dans le fait que la taille finie des électrodes n'est pas prise en compte lors de l'inversion, l'électrode étant modélisée par un point en surface. La validité de cette hypothèse a été démontrée pour un enfoncement ou une taille d'électrodes ne dépassant pas 20% de l'espacement entre électrodes. Dans le cas contraire, il existe un effet d'électrode due à leur dimension.

Une étude paramétrique avec divers ratios enfoncement/espacement supérieurs à 20% permet de proposer une solution de correction de l'effet d'électrode. Ainsi, l'utilisation d'une électrode équivalente ponctuelle (EEP) placée à 73% de la longueur de l'électrode lors de l'inversion corrige cet effet.

Cette méthode de correction a été appliquée sur des mesures de micro-TRE à la paroi d'une carrière calcaire souterraine. Deux profils ont été étudiés : l'un sur une paroi proche de feux expérimentaux, l'autre sur une paroi loin des feux. Ces mesures, réalisées avec 24 électrodes espacées de 4cm et enfoncées de 1.5cm, ont permis, après correction de l'effet des électrodes, d'identifier les trois faciès du calcaire traversés par le profil. Nous avons également suivi les variations de la teneur en eau dans la paroi au cours des saisons ainsi qu'avant et après les feux. Ainsi, nous avons mis en évidence une fine couche conductrice proche de la surface d'environ 3cm, particulièrement marquée sur la paroi qui a été soumise aux feux. Ces feux ont donc impacté durablement la roche sur au moins 3 cm.

*Intervenant

Mots-Clés: Tomographie de résistivité électrique, Paroi calcaire, Mouvements d'eau

Évaluation dynamique d'un château d'eau en béton renforcé par composites CFRP

Mouloud Abdessemed *† 1

¹ Université de Saâd Dahlab [Blida] (USDB) – L'Université Saâd Dahlab de Blida ou l'Université de Blida 1 route de Soumâa BP 270 Blida (09000), Algérie

Plusieurs causes de dégradation sont à l'origine des anomalies observées sur les structures en béton. Ces causes sont d'origines fonctionnelles, mécaniques, telles : l'instabilité de l'ouvrage, la fatigue des matériaux, l'excès de charges, les agressions environnementales et le changement climatique. Pour y remédier ces défauts, il faut tout d'abord procéder, au diagnostic de l'ouvrage dégradé, à la détermination des causes des anomalies des défauts, à la préconisation des méthodes de réparation et/ou renforcement et au suivi de son comportement dans le temps. Dans ce papier, on se propose, le suivi de comportement dynamique d'un ouvrage hydraulique (château d'eau) renforcé, par application en confinement des composites collés. Ce suivi consiste à une analyse dynamique, par application de la méthode des éléments finis (MEF), avec un modèle choisi par le logiciel commercial "Ansys ". Les résultats trouvés (modes propres et fréquences propres), avant et après renforcement, ont montré l'avantage des composites CFRP sur le comportement dynamique de la structure du château d'eau. Pour valider ces résultats, on fera une comparaison avec les résultats d'autres recherches récentes.

Mots-Clés: Structure, château d'eau, composite, réparation, modélisation, dynamique, béton.

*Intervenant

†Auteur correspondant: abdesmoul@yahoo.fr

Évaluation non destructive des propriétés d'un béton allégé par ultrason et tomographie x

Mehdi Sbartai * ¹, Agnès Zambon *

², Nadia Saiyouri * † ²

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – F-33400 Talence, France

² Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) – Université de Bordeaux – F-33400 Talence, France

Cet article présente une étude expérimentale sur l'évaluation non destructive d'un béton allégé à base de sédiment marins et de mousse. Une méthodologie de formulation spécifique à ce type de béton a été mise en œuvre et l'effet de l'incorporation d'une mousse pour alléger le matériau a été étudié. Les mesures par ultrason ont permis de suivre l'évolution de la résistance. La tomographie par rayon x a été également implémentée pour voir la distribution des vides dans le matériau avant et après incorporation d'une mousse. Les résultats montrent une bonne relation entre vitesse des ultrasons et résistance à la compression pour l'ensemble des formulations. Les mesures par tomographie ont montré un effet très significatif de l'ajout de la mousse sur l'augmentation des vides et la baisse de la densité du béton.

Mots-Clés: Béton allégé, ultrason, rayon x, valorisation, fines.

*Intervenant

†Auteur correspondant: nadia.saiyouri@u-bordeaux.fr

Évolution temporelle de la microstructure de matériaux cimentaires par impédance spectrale

Hector Gomart ^{*† 1}, Adrien Bouvet^{‡ 2}

¹ Laboratoire de mécanique et matériaux du génie civil (L2MGC) – Université de Cergy Pontoise : EA4114 – Université de Cergy-Pontoise Site de Neuville 95031 Cergy-Pontoise Cedex, France

² Laboratoire de mécanique et matériaux du génie civil (L2MGC) – Université de Cergy Pontoise : EA4114 – Université de Cergy-Pontoise Site de Neuville 95031 Cergy-Pontoise Cedex, France

L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution au cours du temps de la microstructure de matériaux cimentaires par des mesures électriques en les corrélant à la porosité ainsi qu'à la nature des granulats. Pour cela, deux séries de matériaux ont été étudiées :

- cinq pâtes de ciment de ratio E/C compris entre 0,3 et 0,7, par pas de 0,1 ;
- cinq mortiers : trois avec du sable naturel de ratio E/C égal à 0,4, 0,5 et 0,6 et deux mortiers (E/C = 0,5) pour lesquels le sable a été substitué d'une part par des billes de verre, d'autre part, par du sable recyclé.

Un dispositif expérimental développé au laboratoire permet d'effectuer une mesure d'impédance spectrale par une méthode " deux points " sur une gamme de fréquences comprise entre 100 Hz et 5 MHz.

Une campagne de mesures spectrales a été effectuée pendant période de 4 ans sur l'ensemble des 10 éprouvettes saturées dans de l'eau du robinet.

À partir de ces spectres, des modèles d'associations d'impédances sont utilisés pour décrire indirectement la microstructure des matériaux ainsi que les interfaces électrodes/échantillons. Ils permettent de remonter à leurs propriétés électriques, tels que la résistivité et la permittivité, qui caractérisent la matrice et les pores fermés et/ou ouverts.

L'évolution au cours du temps de ces paramètres sont ensuite comparés à la porosité. Ce suivi temporel montre tout d'abord une augmentation de la résistivité électrique, ainsi qu'une bonne corrélation avec l'évolution de la porosité. L'influence des granulats (par ajout et substitution) sont également discutés.

Mots-Clés: Impédance spectrale, matériaux cimentaires, microstructure, évolution temporelle

*Intervenant

†Auteur correspondant: hector.gomart@u-cergy.fr

‡Auteur correspondant: adrien.bouvet@u-cergy.fr

Liste des participants

- Abdallah Wafaa
- Abdessemed Mouloud
- Abraham Odile
- Adrian Christophe
- Afoutou Jérôme
- Ahouet Louis
- Ali Benyahia Khoudja
- Ammouche Abdelkrim
- Antit Samy
- Arliguie Ginette
- Armonico Andrea
- Assadollahi Hossein
- Attia Ahmed
- Aubry Christophe
- Auguste Thierry
- Aymé Adrien
- Azar Rita
- Baali Laid
- Badr Joanna
- Balayssac Jean-Paul
- Ballivy Gerard
- Baron GÉRard
- Bedrane Walid
- Begard Bruno
- Belahcene Hadi

- Belili Djemal
- Belmokretar Karim
- Ben Ameer Imen
- Blanchard Stéphanie
- Blomme Jo
- Boudiaf Brahim
- Bouhjiti David
- Bouichou Myriam
- Boule Alexandre
- Bourrouilh Valérie
- Brachelet Franck
- Brazillier Didier
- Breysse Denys
- Callejon Amélie
- Cardin Mathieu
- Carimalo Antoine
- Cartiaux François-Baptiste
- Castaings Michel
- Castel Mélanie
- Chaix Jean-François
- Chambriat Benjamin
- Chapuis Bastien
- Chazallon Cyrille
- Ciccarone Charles
- Dahou Zohra
- Decitre Jean-Marc
- Del Palacio Marta
- Delcroix Hervé
- Delogne Marc
- Demontoux François
- Dérobert Xavier
- Desmons Livier

- Despres Clement
- Djebri Noura
- Do Duc Phi
- Dondonne Eric
- Duprat Frédéric
- Duthoit Alexis
- Duval Thibaud
- Eid Joanna
- Eiras Jesus
- El Youbi Mohammed
- Elachachi Sidi Mohammed
- Escadeillas Gilles
- Ettayeb Mohamed
- Fardoun Hassan
- Feki Jihen
- Frédéric Michel
- Galan Mathieu
- Garcia Pino Alejandro
- Garnier Vincent
- Geuzaine Margaux
- Gilles Pierre
- Goffin Nicolas
- Gomart Hector
- Gomez Cardenas Carolina
- Guillaume Nief
- Guiraud Patrick
- Gwinner Sophie
- Habet Jean-Christophe
- Hage Chehade Fadi
- Hahousseau Mickaël
- Hamadache Miloud
- Hamadache Miloud

- Harbi Leyla
- Haremza Cécile
- Hassoune Mehdi
- Henault Jean Marie
- Herbulot Julien
- Hermann Pierre
- Holzhauer Julia
- Hugo Orozco
- Jedidi Malek
- Kemache Nadjib
- Kenai Said
- Kenai Abdelraouf
- Kerner Laura
- Khadra Mahdi
- Kissi Benaïssa
- Kouddane Bouchra
- Kouta Nathalie
- Kouzoubachian Cyril
- Kratochwill Lajos
- Larbi Belagraa
- Lassoued Mansour
- Lataste Jean-François
- Lecieux Yann
- Lescop Benoit
- Ligouret Denis
- Lopez Sylvain
- Loudiyi Mohammed
- Ma Fujing
- Manzini Nicolas
- Marhem Denys
- Marie-Victoire Elisabeth
- Marouani Sana

- Marzouki Aidi
- Medhioub Samir
- Medjigbodo Gildas
- Mesboua Noureddine
- Meunier Jerome
- Miopalmo Roberto
- Molez Laurent
- Mora Pierric
- Morenon Pierre
- Moudden Omar
- Ndinga Okina Sylvain
- Nguyen Ngoc Tan
- Oniangue Ongania Benjarese Christher
- Ostrowski Christopher
- Paillette François
- Palma Lopes Sérgio
- Papazoglou Athanasios
- Picard Julien
- Piot Sébastien
- Piwakowski Bogdan
- Planes Isabelle
- Plassiard Jean-Patrick
- Pouchol Laure
- Toussaint Patrice
- Tahiri Mohamed
- Taillade Frédéric
- Taillandier Franck
- Takarli Mokhfi
- Taquet Françoise
- Tardivel Jean-Philippe
- Thauvin Benoit
- Tomte Eric

- Rahmouni Imen
- Ranaivomanana Narintsoa
- Rénier Mathieu
- Ribano Sarah
- Rioual Stephane
- Rochis Anaïs
- Rossini Dominique
- Rostane Rachida Mina
- Rouissat Bouchrit
- Rouissat Bouchrit
- Rukavina Tea
- Sainte-Luce Samuel
- Sakji Seddik
- Saleh Faisal
- Saliba Jacqueline
- Samir Chaymae
- Sano Moyeme Yendoube Charles
- Sara Koubeissy
- Sausse Jerome
- Sbartai Mehdi
- Schmidt Franziska
- Schneider Julien
- Sebaibi Yahya
- Sebbar Nizar
- Seignol Jean-François
- Sirieix Colette
- Smail Nadia
- Smail Nadia
- Sollier Thierry
- Soufyane Benaboud
- Vanel Aymeric
- Verdet Cécile

- Vijgen Adrien
- Villain Géraldine
- Vimond Erik
- Vincent Hugues
- Wadel Maud
- Woisel Lionel
- Yanez-Godoy Humberto
- Zoubir Hajar

Liste des auteurs

- abdallah, wafaa, 52
ABDESSEMED, Mouloud, 27, 97
Abraham, Odile, 45, 54, 83, 89
ALI BENYAHIA, Khoudja, 4, 64
ALLAIN, Marie, 30
ALLALI, Ibtissem, 72
ALLOU, Fatima, 57, 77
Amour, Ahmed, 17
ANGUY, Yannick, 95
ANTCZAK, Emmanuel, 88
ARICHE, FOUZIA, 66
Armonico, Andrea, 16
attia, ahmed, 49
Auguste, Thierry, 91

Baali, laid, 17
Bader Eddin, Mohamad, 54
Badr, Joanna, 18
Balayssac, Jean-Paul, 9, 18, 56, 62, 68
Baudrit, Cédric, 6
BEDDAR, Miloud, 72
BEGHIN, Alain, 57
Belagraa, Larbi, 17
BELARIBI, HASSIBA, 87
Benkabouche, Ali Zine ELAbidine, 85
BENKEDIDAH, Toufik, 42
Benmiloud, Abdelkhalek, 71
Beulac, Bruno, 6
Bissonnette, Benoit, 3
Blanchard, Stéphanie, 3
Botton, Serge, 81
BOUGHATTAS, Taher, 53
BOUHADJERA, Abdelmalek, 42
Bouichou, Myriam, 93
Bouraoui, slash, 19, 70
Bouvet, Adrien, 99
Bouzaffour, Karim, 39
Brachelet, Franck, 88
Breysse, Denys, 4, 68
Brossault, Marc-Antoine, 81

Cantrel, Laurent, 34
Cartiaux, François-Baptiste, 74
Carvajal, Claudio, 6
Cascardi, Alessio, 16
Chafiq, Yassine, 59
Chaix, Jean-François, 25, 45, 83
CHRAIBI, Ghita, 92
Ciccarone, Charles, 36, 75, 79, 83
Clément, Rémi, 95
Collin, B. 89

Coupeys, Thomas, 22
CREMONA, Christian, 93

Dahou, Zohra, 71
Deby, Fabrice, 28
Defer, Didier, 88
Delepine-Lesoille, Sylvie, 21
Delhomme, Benjamin, 6
Demontoux, François, 22, 38, 40
Denoël, Vincent, 91
Derobert, Xavier, 83
Devie, Thibaud, 54
djebri, noura, 11, 12
douara, taha hocine, 49
Drelich, Radoslaw, 36, 75
Dubois, Frédéric, 57, 77
Dumoulin, John, 81
Durand, Olivier, 54, 83
Durville, Benoit, 34
Durville, Benoît, 9

Eiras, Jesus, 5, 34
EL YOUBI, Mohammed, 20
ELACHACHI, Sidi Mohammed, 64
Elachachi, Sidi Mohammed, 52
Elaroussi, Mohamed, 32
ellouze, ali, 19, 70
Ezziane, Mohammed, 47

Fali, Malika, 12
Fardoun, Hassan, 44, 61
Fargier, Yannick, 18
FATMAOUI, Hassan, 92
FERDIANSYAH, Teuku, 56, 62
Ferrier, Emmanuel, 16
Funari, Marco Francesco, 16

Gaborieau, Cécile, 95
Gagné, Richard, 3
Garciaz, Jean-Luc, 28
GARNIER, Vincent, 62, 67
Garnier, Vincent, 5, 7, 9, 25, 34, 45, 83, 89
Geuzaine, Margaux, 91
gharbi, faiza, 12
Ghrici, Mohamed, 4

Gomart, Hector, 99
 GRAMMAGNAT, Léo, 59
 GRIMES, Morad, 15, 42, 65, 66
 Guettala, salim, 49
 Gugole, Gautier, 54, 83

 hadji, tarek, 49
 HAGE CHEHADE, Fadi, 52
 Hamdi, Seif Eddine, 48
 HARBI, Leyla, 24
 HASSOUNE, Mehdi, 92
 Henaut, Jean-Marie, 75, 79
 Horny, Pierre, 77
 Hénault, Jean-Marie, 25, 45, 83

 jamal, chaoufi, 92

 KEMACHE, Nadjib, 15
 KENAI, Said, 27
 Kenai, Said, 4
 KEO, SamAng, 88
 Kessal, Oussama, 72
 Khadra, Mahdi, 93
 KHENGAOUI, Safia, 27
 Kouddane, Bouchra, 64
 kouta, nathalie, 41, 51

 Lamdouar, Nouzha, 64
 Larbi, Belagraa, 72
 Larose, Eric, 45
 Lassoued, Mansour, 28
 Lataste, Jean-François, 43
 Lecieux, Yann, 21
 leduc, Dominique, 21
 Legland, Jean-Baptiste, 83
 Legoff, Xavier, 89
 Leparoux, Donatienne, 54
 LOUDIYI, Mohammed, 67

 MAI, Tien Chinh, 38
 Mailhé, Jean, 25
 Manzini, Nicolas, 81
 MARIE-VICTOIRE, Elisabeth, 93
 Marquié, Christophe, 34
 Martin, Etienne, 89
 MAÏ, Tien Chinh, 40
 medhioub, samir, 19, 70
 MESSAOUDI, Rahma, 65
 Micelli, Francesco, 16
 Molez, Laurent, 47
 Morin, Sandrine, 34
 Mostefai, Soufienne, 11
 NGO, Duc Chinh, 60

 Nguyen, Mai Lan, 77
 NICOLAI, Aurelia, 57

 Orcesi, André, 81
 Ortiz, Miguel, 81
 Ouvrier Buffet, Florian, 34
 OUVRIER-BUFFET, Florian, 9

 PAILLETTE, François, 7
 Paillette, Philippe, 89
 Palma-Lopes, Sérgio, 18
 Payan, Cedric, 34
 PAYAN, Cédric, 62
 Payan, Cédric, 5, 9, 45
 Piccolo, Arianna, 21
 Piwakowski, Bogdan, 36, 45, 75, 79, 83
 PLE, Olivier, 30
 Pochez, Quentin, 59
 POUTEAU, Bertrand, 57, 77
 PRIME, Noémie, 30
 Proust, Alain, 45

 rabehi, mohamed, 49
 RABONE, Jeremy, 67
 Rahmouni, Zineelabidine, 12
 Rahmouni, zineelabidine, 11
 Rakarabo, Mirah, 93
 RAKOTONARIVO, Sandrine, 62
 Rakotonarivo, Sandrine, 5, 83
 RANAIVOMANANA, Narintsoa, 9
 Razafindratsima, Stephen, 43, 62
 Rguig, Mustapha, 32
 Rivard, Patrice, 3
 ROUISSAT, Bouchrit, 8, 14, 24
 ROUX, Emile, 30
 Rutten, Christophe, 91

 Sadek, Marwan, 52
 SAIYOURI, Nadia, 41, 60, 98
 Saiyouri, Nadia, 44, 51, 61
 Saliba, Jacqueline, 41, 44, 51, 52, 60, 61
 Salin, Jean, 89
 Samson, Gabriel, 28
 SBARTAI, Mehdi, 38, 40, 62, 98
 SBARTAÏ, Zoubir Mehdi, 60
 Sbartai, Mehdi, 48, 64
 Sbartai, Zoubir-Mehdi, 4, 15, 22, 42, 45, 52, 65, 68, 71
 Sirieix, Colette, 95
 Skoczylas, Frederic, 36, 75, 79
 SMAIL, Nadia, 8, 14, 24
 Sogbossi, Hognon, 83
 Soufyane, BENABOUD, 57, 77

Spalvier, Agustin, 5

t'Kint, michéle, 49

taillandier, franck, 6

TAKARLI, Mokhfi, 57, 77

Thom, Christian, 81

Toussaint, Patrice, 91

TURATSINZE, Anaclet, 56

VACHER, Pierre, 30

Verdet, Cécile, 95

Verdier, Jérôme, 45, 83

vildaer, Stéphanie, 93

Villain, Géraldine, 18, 83

Vincent, Hugues, 59

wang, ao, 54

Wang, Yifan, 22

Yu, Ting, 25

ZAITRI, Rebih, 49

Zambon, Agnès, 98

ZDIRI, Mustapha, 53

Zoubir, Hajar, 32

