

Actes des 21^e Journées Scientifiques du (RF)²B

Regroupement Francophone pour la Recherche et la Formation sur le Béton



Vieux-Port de Montréal © Tourisme Montréal - Stéphan Poulin

5 et 6 juillet 2023, Polytechnique Montréal, Canada

Groupe de Recherche en génie des Structures
Pavillon Principal, Polytechnique Montréal
C.P. 6079 Station Centre-Ville, Montréal, Canada, H3T 1J4



Centre de Recherche sur les Infrastructures en béton
Pavillon Adrien-Pouliot, Université Laval
Ste-Foy, Canada G1K 7P4



Tables des matières

Informations générales

Message de l'organisateur de la conférence du (RF) ² B Jean-Philippe Charron	p. iv
Message du directeur du (RF) ² B Gilles Escadeillas	p. v
Message de la directrice générale de Polytechnique Montréal Maud Cohen	p. vi
Message de Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI)	p. vi
Commanditaires des Journées Scientifiques 2023	p. vii
Comité de direction du (RF) ² B	p. viii
Comité d'orientation du (RF) ² B	p. viii
Programme de la conférence	pp. ix-xii

Articles

<i>Résistance en cisaillement et résistance en écrouissage structural de dalles en béton réparées en BFUP,</i> M. Pharand et J.-P. Charron	pp. 1-10
<i>Utilisation d'espèces de Bacillus comme agents de cicatrisation des liants cimentaires,</i> M. Lejeune, S. Roux, J.-M. Mechling, B. Luzu	pp. 11-20
<i>Dispositif à l'échelle pilote permettant l'évaluation quantitative d'une biocicatrisation de dalle en béton fissurée,</i> A. Perrin, R. Gagné, C. Lors	pp. 21-29
<i>Autocicatrisation de bétons contenant différents ajouts, soumis à des conditions de laboratoire et au climat hivernal canadien,</i> K.-S. Lauch, C. Desmettre et J.-P. Charron	pp. 30-41
<i>Influence de l'utilisation de granulats fins recyclés sur les propriétés mécaniques des bétons imprimés 3D,</i> Y. Muy, L. Courard, X. Garnavault, D. Bulteel, M. Taleb, S. Remond et J. Hubert	pp. 42-50
<i>Étude expérimentale et numérique de l'influence des granulats recyclés sur les cycles humidification séchage dans un béton,</i> A. Fanara, J. Hubert, F. Michel, F. Collin et L. Courard	pp. 51-61
<i>Étude expérimentale du refroidissement par évaporation des pavés rafraichissants à rétention d'eau,</i> M. Rachedi, R. Bui, O. Maurel et C. La Borderie	pp. 62-70
<i>Approche couplée expérimentale et numérique pour la détermination de l'énergie de fissuration,</i> O. Nouailletas et C. La Borderie	pp. 71-80

- Caractérisation physico-chimique et mécanique de géopolymère à base de sédiments de dragage thermo-mécano synthétisés,*
E. Mahfoud, W. Maherzi, M. Benzerzour, N.-E. Abriak, K. Ndiaye et S. Aggoun pp. 81-90
- Influence du carbure de calcium résiduel (CCR) et des conditions de cure sur les propriétés physico-mécaniques de béton géopolymère sous une cure à température ambiante,*
Y. D. Adufu, S. O. Sore, P. Nshimiyimana, A. Messan et G. Escadeillas pp. 91-101
- Résidus industriels et matériaux cimentaires : comment réduire les émissions de GES dans le domaine de la construction ?,*
F. Delobel, P. Lemoine et J.-F. Vermette pp. 102-111
- Stabilité chimique de la poudre de verre en solution poreuse synthétique de béton adaptée de la méthode R³,*
W. de Nazaré do Rosário Martel, J. Duchesne et B. Fournier pp. 112-120
- Modélisation des mécanismes physico-chimiques de dégradation des granulats au cours d'une réaction alcali-granulats,*
L. Gomez, A. Socié, F. Perales, S. Multon, B. Fournier, M. Argouges pp. 121-131
- Fluage en compression d'un béton atteint de réaction alcali-granulats avancée,*
C. Lacombe, T. Vidal, A. Sellier, C. Noret et P. Anthiniac pp. 132-142
- Étude des effets compétitifs de l'environnement marin sur les matériaux cimentaires sous charge,*
M. El Khoury, F. Grondin, E. Rozière, F. Hage Chebade et R. Cortas pp. 143-151
- Diffusion des chlorures dans un tirant en béton armé maintenu sous chargement de traction : approche expérimentale,*
A. Asselin, J.-P. Charron, C. Desmettre, F. Benboudjema et C. Olivier-Leblond pp. 152-160
- Étude des processus chimiques de l'attaque combinée sulfate-chlorure sur les matériaux cimentaires à faible teneur en carbone,*
F. El Inaty, M. Marchetti, M. Quiertant et O. Omikrine-Metalssi pp. 161-170
- Analyse du comportement des matériaux cimentaires avec additions minérales face à l'attaque sulfatique externe : Rôle du C(A)SH,*
S. Boudache, A. Loukili, E. Rozière et L. Izoret pp. 171-178
- Analyse de l'impact de l'exposition aux chlorures sur les échantillons de béton placés en bordure de route dans des conditions hivernales sévères,*
S. Khani, D. Conciatori et L. Chouinard pp. 179-188
- Détermination de la condition de l'état de ponts vieillissants en béton armé : de l'évaluation visuelle à l'évaluation microscopique,*
L. Kristufek, L. Sanchez, B. Martin-Perez et M. Noel pp. 189-193
- Approche performantielle de la durabilité des ouvrages en béton : principaux résultats du Projet National PerfDuB,*
G. Escadeillas, F. Cussigh et D. Brazillier pp. 194-205

Message de l'organisateur de la conférence (RF)²B Jean-Philippe Charron

Le Groupe de Recherche en Génie des Structures (GRS) de Polytechnique Montréal est fier d'accueillir la 21^e édition des Journées Scientifiques du Regroupement Francophone pour la Recherche et la Formation sur le Béton (RF)²B.

Les Journées Scientifiques 2023 seront l'occasion pour les chercheur(e)s, maîtres d'ouvrage et ingénieur(e)s présent(e)s d'échanger sur les '*Stratégies innovantes pour des infrastructures durables en béton*'. Les conférencier(ière)s présenteront leurs plus récents travaux de recherche de nature expérimentale et numérique sur des thématiques variées, soit les nouveaux bétons, la caractérisation de leurs propriétés mécaniques et de leur durabilité en environnements agressifs, de nouveaux concepts structuraux et des méthodes innovantes de réparation ou renforcement des infrastructures en béton.

Je souhaite à l'ensemble des participant(e)s aux Journées Scientifiques des échanges techniques fructueux. Ces échanges permettront assurément de mieux comprendre le comportement des infrastructures en béton et d'orienter les travaux de recherche vers l'optimisation et la pérennisation des infrastructures existantes et à venir.

Je désire remercier les autrices et auteurs des articles pour la qualité de leur contribution ainsi l'ensemble des participant(e)s qui sauront à coup sûr enrichir les échanges d'idées lors des Journées Scientifiques.

De plus, je remercie les commanditaires des Journées Scientifiques pour leur appui à l'organisation de l'évènement (Polytechnique Montréal, CRIB, Ministère des Transports du Québec, Ville de Montréal, Ponts Jacques-Cartier et Champlain inc., ACI, ABQ, ICRI, Sika, Euclid, NouvLR).

Enfin, j'aimerais souligner la contribution importante de Mme Roda Bourale Hassan et Mme Clélia Desmettre à la préparation Journées Scientifiques, de même que l'aide offerte par les étudiant(e)s aux études supérieures de Polytechnique Montréal (Isabelle Laporte, Samia Meftah, Martin Pharand, Adrien Rachello, Fengyi Wang, Pierre-Antoine Léger, William Molloy, Espoir Kahama).

Jean-Philippe Charron
Professeur titulaire à Polytechnique Montréal
Organisateur de la conférence du (RF)²B



Message du directeur du (RF)²B Gilles Escadeillas

Le Regroupement Francophone pour la Recherche et la Formation sur le Béton (RF)²B est né d'une entente entre des laboratoires universitaires francophones du Québec, de la France, de la Suisse et de la Belgique. Créé en l'an 2000, Le (RF)²B visait d'abord à formaliser les échanges scientifiques entre ces universités et à réaliser des activités de recherche communes. Aujourd'hui, ce sont 17 membres, dont 3 associés qui composent le (RF)²B.

Les Journées Scientifiques du (RF)²B participent à ces échanges. Organisées lors de rencontres annuelles, elles se veulent un lieu privilégié de discussion sur les recherches effectuées dans le domaine du béton et de ses applications. Sont cordialement invités à ces rencontres les représentants et représentantes des institutions membres ainsi que tous les chercheurs des milieux gouvernementaux, universitaires et industriels qui sont intéressés par l'actualité de la recherche dans ce domaine, sachant qu'une attention particulière est portée à la participation des plus jeunes.

C'est l'école Polytechnique de Montréal qui accueille cette année les 21^{èmes} Journées Scientifiques et le Groupe de recherche en génie des structures en assure l'organisation. Le thème choisi "Stratégies innovantes pour des infrastructures durables en béton" saura à coup sûr passionner les participants et animer les échanges bien au-delà des sessions.

Comme tous les membres du (RF)²B, je suis très heureux de voir le retour de ces Journées Scientifiques, en présentiel à Montréal, après malheureusement plusieurs annulations pour cause de pandémie. Je remercie chaleureusement les organisateurs qui ont su rester motivés malgré les circonstances, les commanditaires pour leur soutien et l'ensemble des participants pour leur présence.

Professeur Gilles Escadeillas
Directeur du (RF)²B

(RF)²B
Regroupement Francophone pour la
Recherche et la Formation sur le Béton

Message de la directrice générale de Polytechnique Montréal Maud Cohen

Bienvenue à la 21e conférence du Regroupement Francophone pour la Recherche et la Formation sur le Béton (RF)²B !

Quel matériau, mieux que le béton, est plus emblématique du génie de nos bâtisseurs ? Polytechnique Montréal, alma mater d'un grand nombre de ces ingénieurs qui ont conçu et réalisé les grands ouvrages du Québec industriel, est fière d'accueillir cette conférence. En cette année de célébration de notre 150e anniversaire, nous sommes heureux de souligner avec vous l'apport considérable de la recherche, de la formation et de l'innovation en infrastructures en béton qui s'effectuent au sein d'universités francophones sur différents continents.

La nécessité d'une transition énergétique à l'échelle mondiale désigne tout naturellement les ingénieurs pour trouver des solutions à ses enjeux. Elle oriente de ce fait leurs approches vers la conception d'infrastructures plus durables. Elle les amène également à impliquer les communautés dans la réflexion et la prise de décision. D'où la pertinence de mettre en lumière l'impact environnemental, économique et social de ces acteurs de la révolution écologique des infrastructures.

La conférence offrira une occasion de riches échanges entre nos chercheurs et leurs confrères et consœurs universitaires de France, de Suisse, de Belgique, du Luxembourg et du Burkina Faso, ainsi que des maîtres d'ouvrage et des ingénieurs du domaine. Nul doute que de tels échanges contribueront à faire avancer les connaissances et pourraient être propices à de futurs partenariats.

Au nom de Polytechnique Montréal, je remercie les organisateurs de cette conférence du (RF)²B et je vous souhaite à tous et à toutes d'en tirer pleinement profit.

Maud Cohen
Directrice générale de Polytechnique Montréal



Message de Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI)

Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI) est très heureuse de participer à la promotion de la recherche et de la formation sur les infrastructures en béton au Québec. Cette alliance cadre avec notre vision de devenir un chef de file en gestion d'infrastructures majeurs à titre d'expert innovant.

Dans le cadre de la déconstruction du pont Champlain d'origine, un programme de recherche et développement a été mis sur pied avec différentes entités de recherche canadiennes et certains projets sont directement liés aux éléments structuraux du béton. Les apprentissages tirés de ces travaux seront partagés avec la communauté scientifique.

PJCCI vous souhaite des échanges fructueux lors de cet événement.

Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI)



Commanditaires des Journées Scientifiques 2023

Partenaires institutionnels



Partenaires corporatifs



Comité de direction du (RF)²B

Délégués officiels des membres réguliers

Alexandra Bourdot	LMPS - Laboratoire de Mécanique Paris Saclay
David Bulteel	CERI Matériaux et procédés de l'Institut Mines Telecom Nord Europe
Jean-Philippe Charron	CRIB - Polytechnique Montréal
Luc Courard	ArGEnCo - Université de Liège
Cécile Diliberto	CP2S - Institut Jean Lamour - Université de Lorraine
Gilles Escadeillas	LMDC - Université Paul Sabatier et INSA Toulouse
Richard Gagné	CRIB - Université de Sherbrooke
Jean-François Georgin	LGCIE (GEOMAS) - INSA de Lyon
Marc Jolin	CRIB - Université Laval
Numa Joy Bertola	LMS - Université du Luxembourg
Céline Perlot-Bascoulès	SIAME - Université de Pau et des Pays de l'Adour
Jean-Marie Reynouard	AS&MC-CMI - INSA Lyon
Stéphanie Staquet	BATir et 4MAT- Université Libre de Bruxelles
François Toutlemonde	MAST - Université Gustave Eiffel

Délégués des membres associés

Ahmed Loukili	GEM, CNRS, Ecole Centrale de Nantes et Université de Nantes
Adamah Messan	LEMHaD, 2ie, Ouagadougou
Laurent Molez	LGCGM, INSA Rennes et Université Rennes

Comité d'orientation du (RF)²B

Délégués officiels

Hervé Camerlynck	Febelcem
Christian Crémona	Bouygues
Stéphane Cuchet	Lafargeholcim
François Cussigh	Vinci Construction
Paul-François Jacques	Ville de Montréal
Lionel Linger	Vinci Construction
Benoit Masson	EDF
Georges Nahas	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
Christian Pierre	Centre de Recherche de l'Industrie Cimentière
Bernard Pilon	Ministère des Transports du Québec
Christian Rech	Cimalux
Laure Régnaud	Ecole Française du Béton
Pierre Rossi	Pierre Rossi Consulting
Patrick Rougeau	CERIB
Lavinia Stefan	ORANO
Filip Van Rickstal	Centre de Recherche de l'Industrie Cimentière

Programme du 5 juillet 2023

8h30 Accueil des participants

9h00 Mot de bienvenue

J-P Charron (Polytechnique Montréal) et G. Escadeillas (INSA de Toulouse)

9h15 Conférence invitée - Infrastructures en béton de la Ville de Montréal

D. Vachon (Ville de Montréal)

9h55 Résistance en cisaillement et résistance en écoulement structural de dalles en béton réparées en BFUP

M. Pharand et J.-P. Charron (Polytechnique Montréal)

10h15 Conception de piles de pont préfabriquées répondant aux exigences de performances parasismiques

C. Long, S. Bourget et B. Massicotte (Polytechnique Montréal)

10h35 Pause

10h50 Utilisation d'espèces de Bacillus comme agents de cicatrisation des liants cimentaires

M. Lejeune, S. Roux, J.-M. Mechling, B. Luzu (IJL de Nancy)

11h10 Dispositif à l'échelle pilote permettant l'évaluation quantitative d'une biocicatrisation de dalle en béton fissurée

A. Perrin et R. Gagné (Université de Sherbrooke), C. Lors (Université de Lille)

11h30 Autocicatrisation de bétons contenant différents ajouts, soumis à des conditions de laboratoire et au climat hivernal canadien

K.-S. Lauch, C. Desmettre et J.-P. Charron (Polytechnique Montréal)

11h50 Pause du midi (Repas 1h)

12h50 Concours d'affiches techniques (45 min)

Liste des affiches présentées :

Utilisation des nanofibres de cellulose dans le béton projeté

A. Vincent et M. Jolin (Université Laval)

Étude numérique de l'influence des effets thermiques à jeune âge sur l'énergie de fissuration du béton de masse

I. Atou et M. Ben Ftima (Polytechnique Montréal)

Renforcement des structures par armatures d'AMF à base de fer pour résister aux effets sismiques, Léonard

L. Axus, C. Mercier, F. Al Mahmoud et A. Khelil (IJL de Nancy)

Carbonatation des granulats de béton recyclé altéré par la réaction alcali-silice

S. Grigoletto, P. L. Delaforge et L. Courard (Université Liège), S. Demers, L. Sorelli et J. Duchesne (Université Laval)

Étude multi-échelle des propriétés mécaniques et de durabilité de béton de co-produits calcaires

C. Martin-Cavaillé, A. Bourdot et R. Bennacer (U. Paris-Saclay), N. Sebaibi (Comue Nu)

Performance sismique de deux colonnes préfabriquées utilisant le concept de construction ABC

S. Bourget et B. Massicotte (Polytechnique Montréal)

Élaboration d'encres cimentaires imprimables en 3D à base de sable de béton recyclé – Projet CIRMAP

M. Taleb et D. Bulteel (IMT Nord Europe), L. Courard, Y. Muy et J. Hubert (Université de Liège), S. Remond (U. Orléans, U. Tours)

13h35 Influence de l'utilisation de granulats fins recyclés sur les propriétés mécaniques des bétons imprimés 3D

Y. Muy, L. Courard et J. Hubert (Université de Liège), D. Bulteel et M. Taleb (Université Lille) et S. Remond (Université d'Orléans)

13h55 Étude expérimentale et numérique de l'influence des granulats recyclés sur les cycles humidification séchage dans un béton

A. Fanara, J. Hubert, F. Michel, F. Collin et L. Courard (Université de Liège)

14h15 Étude expérimentale du refroidissement par évaporation des pavés rafraichissants à rétention d'eau

M. Rachedi, R. Bui, O. Maurel et C. La Borderie (Université de Pau et des Pays de l'Adour)

14h35 Approche couplée expérimentale et numérique pour la détermination de l'énergie de fissuration

O. Nouailletas et C. La Borderie (Université de Pau et des Pays de l'Adour)

14h55 Pause

15h10 Caractérisation physico-chimique et mécanique de géopolymère à base de sédiments de dragage thermo-mécano synthétisés

E. Mahfoud, W. Maherzi, M. Benzerzour et N.-E. Abriak (Université Lille et IMT Nord Europe), K. Ndiaye et S. Aggoun (Université Cergy Paris)

15h30 Influence du carbure de calcium résiduel (CCR) et des conditions de cure sur les propriétés physico-mécaniques de béton géopolymère sous une cure à température ambiante

Y. D. Adufu et P. Nshimiyimana, A. Messan (Institut 2iE), S. O. Sore (Université Nasi), G. Escadeillas (INSA Toulouse)

15h50 Résidus industriels et matériaux cimentaires : comment réduire les émissions de GES dans le domaine de la construction ?

F. Delobel, P. Lemoine et J.-F. Vermette (CTTÉI Sorel-Tracy)

16h10 Stabilité chimique de la poudre de verre en solution poreuse synthétique de béton adaptée de la méthode R³

W. de Nazaré do Rosário Martel, J. Duchesne et B. Fournier (Université Laval)

16h30 Mot de clôture de la journée

16h40 Visite du Laboratoire de structures de Polytechnique Montréal (1h)

Présentation des activités du laboratoire, J.-P. Charron (Polytechnique Montréal)

Visite des installations, Équipe technique du laboratoire (Polytechnique Montréal)

19h00 Banquet - Salle de réception Le Cercle des Hautes Études Commerciales (HEC)

Programme du 6 juillet 2023

8h30 Accueil des participants

9h00 Conférence invitée - Défis et perspectives pour les actifs en béton chez Hydro-Québec

S.-N. Roth (Hydro-Québec)

9h40 Modélisation des mécanismes physico-chimiques de dégradation des granulats au cours d'une réaction alcali-granulats

L. Gomez et S. Multon (INSA de Toulouse), A. Socié et F. Perales (IRSN), B. Fournier (Université Laval), M. Argouges (Hydro-Québec)

10h00 Fluage en compression d'un béton atteint de réaction alcali-granulats avancée

C. Lacombe, T. Vidal et A. Sellier (INSA de Toulouse) C. Noret et P. Anthinac, (Tractebel Engineering)

10h20 Pause

10h35 Étude des effets compétitifs de l'environnement marin sur les matériaux cimentaires sous charge

M. El Khoury, F. Grondin et E. Rozière (Nantes Université), F. Hage Chebade et R. Cortas, (Université Libanaise)

10h55 Diffusion des chlorures dans un tirant en béton armé maintenu sous chargement de traction : approche expérimentale

A. Asselin, C. Olivier-Leblond et F. Benboudjema (ENS Paris-Saclay), C. Desmettre et J.-P. Charron (Polytechnique Montréal)

11h15 Étude des processus chimiques de l'attaque combinée sulfate-chlorure sur les matériaux cimentaires à faible teneur en carbone

F. El Inaty, M. Marchetti, M. Quiertant et O. Omikrine-Metalssi (U. Gustav Eiffel)

11h35 Analyse du comportement des matériaux cimentaires avec additions minérales face à l'attaque sulfatique externe : Rôle du C(A)SH

S. Boudache, A. Loukili et E. Rozière (Centrale Nantes), L. Izoret (SFIC)

11h55 Pause du midi (Repas 1h)

12h55 Analyse de l'impact de l'exposition aux chlorures sur les échantillons de béton placés en bordure de route dans des conditions hivernales sévères

S. Khani et D. Conciatori (Université Laval), L. Chouinard (Université McGill)

- 13h15 **Détermination de la condition de l'état de ponts vieillissants en béton armé : de l'évaluation visuelle à l'évaluation microscopique**
L. Kristufek, L. Sanchez, B. Martin-Perez et M. Noel (Université d'Ottawa)
- 13h35 **Approche performantielle de la durabilité des ouvrages en béton : principaux résultats du Projet National PerfDuB**
G. Escadeillas (INSA de Toulouse, F. Cussigh (Vinci Construction), D. Brazillier
- 13h55 Pause**
- 14h10 **Table ronde – Enjeux et stratégies innovantes pour les infrastructures durables en béton**
Animateur : J.-P. Charron (Polytechnique Montréal)
Intervenants : Propriétaires d'ouvrages et représentants de l'industrie
- 15h15 Remise de prix pour le Concours d'affiches techniques**
- 15h30 Mot de clôture des Journées Scientifiques 2023**
- 16h00 Réunion du comité d'orientation du (RF)²B**

Programme du 7 juillet 2023

- 8h30 à 13h Visite Station REM Édouard-Montpetit et du tunnel du Mont-Royal (salle M-1410)**
Présentation d'introduction à la visite, Équipe NouvLR
Déplacement à la station et visite, Équipe NouvLR

Commanditaires des Journées Scientifiques 2023

Partenaires institutionnels



Partenaires corporatifs

