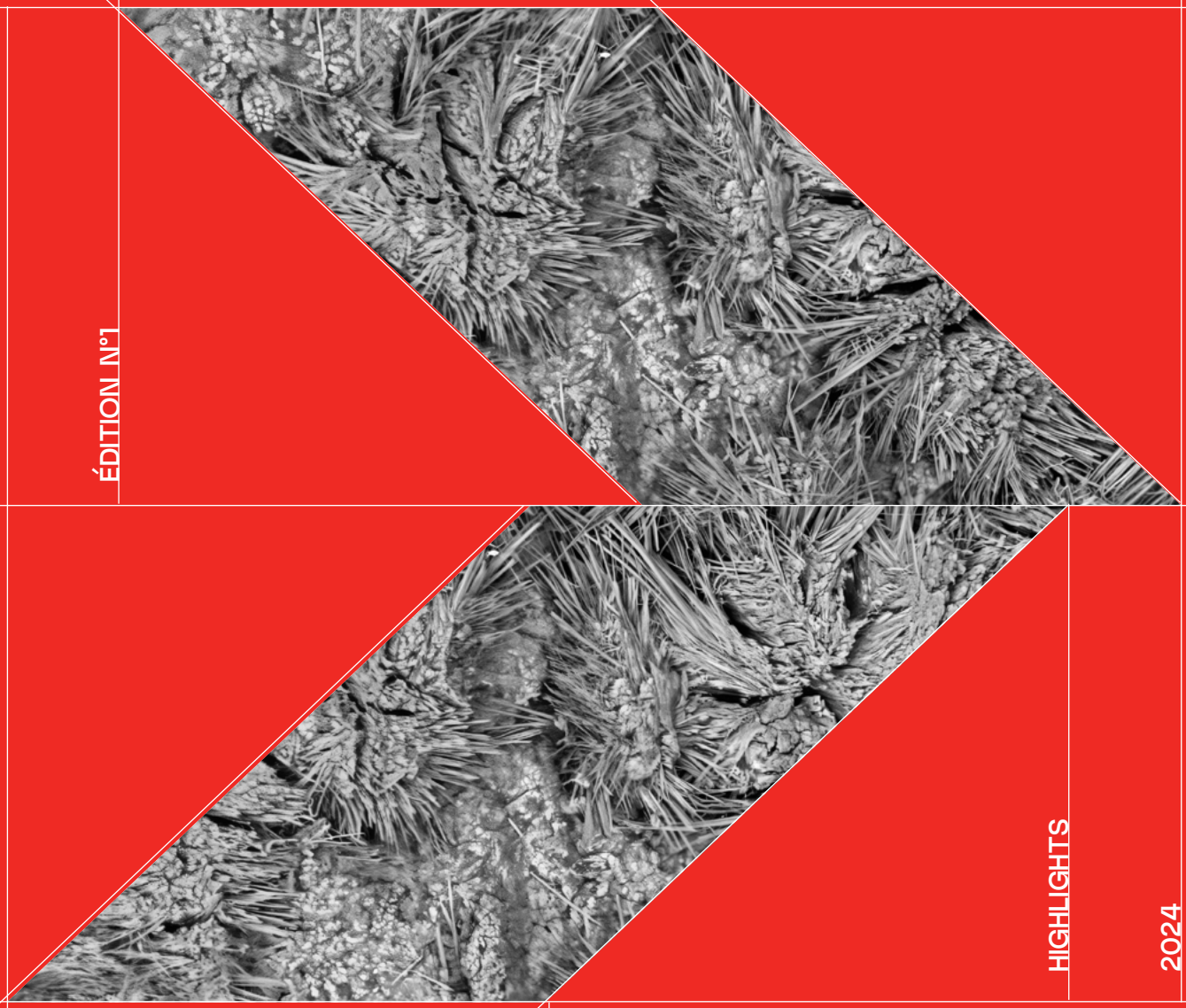
LMDC
Toulouse - Tarbes



ÉDITION N°1

HIGHLIGHTS 2024

LABORATOIRE
MATÉRIAUX
ET DURABILITÉ
DES CONSTRUCTIONS

LMDC
Toulouse - Tarbes

Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions

TOULOUSE

135, Avenue de Rangueil
31077 Toulouse Cedex 4

05 61 55 99 16

TARBES

1, rue Lautréamont
65000 TARBES

05 62 56 35 03

Glossaire

INSAT = INSA Toulouse
UT = Université de Toulouse
UTTOP = Université de Technologie Tarbes Occitanie Pyrénées
MCF = Maître de conférences
PR = Professeur des universités
CR = Chargé de recherche
DR = Directeur de recherche
TTT = Toulouse Tech Transfert

Chargées de projet

Marie GIROUDON
marie.giroudon@insa-toulouse.fr

Malika CHABBI-BARDAN
malika.chabbi-bardan@insa-toulouse.fr

Graphisme & édition

Oblique Studio
contact@oblique.fr

cnrs INSA TOULOUSE Université de Toulouse INSTITUT CARNOT MECD

lab-lmdc.fr
lmdc@insa-toulouse.fr

Sommaire

PÔLE 1
MATÉRIAUX MULTIPHASIQUES INNOVANTS

06 CARBIOCEM : ciment à faible teneur en carbone par la bio-carbonatation de co-produits industriels stratégiques

07 Projet « PROTEuS » : Étude expérimentale d'un système de stockage d'énergie thermochimique dans un matériau cimentaire

08 Modélisation multi-échelle des propriétés d'usage de nouveaux matériaux bas-carbone

PÔLE 2
RÉACTIVITÉ, TRANSFERTS ET COUPLAGES POUR LA DURABILITÉ DES MATÉRIAUX ET DES OUVRAGES

09 Approche performantielle de la formulation des bétons au LMDC

10 Perméabilité à l'air du beton armé : nouvel appareillage et anisotropie

PÔLE 3
ANALYSE ET SUIVI DU BÂTI DANS SON ENVIRONNEMENT

11 Conception d'un capteur noyé capacitif pour l'évaluation de la teneur du béton

12 Matériaux photocatalytiques et capteurs de la qualité de l'air

13 Caractérisation mécanique des pierres de Notre-Dame de Paris par essais non destructifs

AUTRES
DIVISION TRANSFERT & AXE TRANSVERSAL

14 La division Transfert du LMDC au cœur de la renaissance de Notre-Dame de Paris

16 Territoires, matériaux, enjeux climatiques : connecter les échelles et les antennes du LMDC

HIGHLIGHTS
LABCOM & CONFÉRENCES

17 Le LabCom Orison, une collaboration marquante sur les liants bas-carbone

18 Conférence ICCM 2024 : Transition vers les bétons bas-carbone

19 78ème RILEM Annual Week & Conference on Sustainable Materials & Structures

LMDC
Toulouse - Tarbes

Avant-propos

HIGHLIGHTS 2024

Chère lectrice, cher lecteur,

Ce fascicule a vocation à dresser un panorama, malheureusement non exhaustif, des activités de recherche du LMDC.

Avant de les découvrir, il est sans doute utile de vous présenter ce laboratoire universitaire. Le LMDC, Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions regroupe 56 enseignants chercheurs, Professeurs et Maitres de Conférences, 18 personnels administratifs et techniques et près de 70 non permanents (doctorants et post-doctorants) de trois établissements, l'Université de Toulouse, l'INSA de Toulouse et l'UTTOP de Tarbes. Il héberge également une Division de Transfert de Technologie mais aussi des personnels d'entreprises privées, avec lesquelles il a d'ailleurs des laboratoires communs.

Depuis sa création en 1987, le LMDC s'applique à développer une recherche pluridisciplinaire visant à proposer des solutions innovantes en lien avec le secteur de la construction. Après presque 40 ans d'existence, il peut désormais adresser une grande variété de problématiques, du matériau à la structure et nécessitant une palette étendue de compétences académiques en chimie, physique, mécanique, thermique ou énergétique.

Conscient des enjeux environnementaux auxquels est confronté le secteur industriel de la construction, le LMDC propose des alternatives aux solutions actuelles en termes de matériaux ou de procédés pour atténuer l'impact environnemental des nouveaux projets et adapter les constructions existantes aux évolutions environnementales et climatiques. Le LMDC est donc fortement positionné dans le développement de nouveaux matériaux, moins consommateurs de ressources et de faible impact carbone, ainsi que de nouvelles solutions pour améliorer le confort dans l'habitat et pour pérenniser le patrimoine bâti.

Ces développements se heurtent à des défis techniques, économiques, mais aussi et avant tout scientifiques. A titre d'exemple, un siècle d'utilisation du ciment a permis d'aboutir à une connaissance très aboutie de ce matériau, la « Chimie des Ciments ». Pour les matériaux alternatifs en cours de développement, on ne dispose pas encore d'une connaissance aussi aboutie, elle reste à produire. La tâche est importante, elle mobilise aujourd'hui des laboratoires du monde entier, dont le LMDC. S'agissant de la pérennisation des grandes infrastructures en béton, elle ne s'appuie pas encore sur un retour d'expérience aussi large que celui des constructions en pierre, il y a donc une large part d'incertitude sur leur durée de vie résiduelle, que l'on souhaite bien sûr la plus longue possible, pour éviter des reconstructions coûteuses d'un point de vue économique et environnemental. Pourtant, les pathologies qui la conditionnent ne sont pas encore totalement connues et maitrisées, leurs évolutions sont complexes et leur détection délicate. De nombreux verrous scientifiques persistent donc, ils nécessitent des approches expérimentales mais aussi numériques, parfois d'ailleurs à des échelles atomiques.

On comprend par conséquent que les challenges scientifiques sont nombreux et que les moyens à mettre en œuvre sont significatifs. Ce sont des illustrations des travaux relatifs à ces différents challenges que vous allez découvrir à la lecture de ce fascicule, dont c'est la première édition. Prenons également rendez-vous pour les suivantes qui vous permettront d'en mesurer les évolutions et d'en découvrir de nouveaux !

Bonne lecture et bonne découverte de nos activités.

Jean-Paul Balayssac
Professeur à l'Université de Toulouse
Directeur du LMDC

PÔLE

MATÉRIAUX MULTIPHASIQUES INNOVANTS

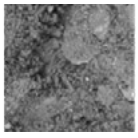
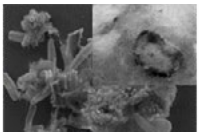
THÈME

MICROSTRUCTURE ET INTERACTIONS PHYSICOCHIMIQUES DE MATÉRIAUX CONSTITUÉS DE PHASES MINÉRALES ET ORGANIQUES

CARBIOCEM : ciment à faible teneur en carbone par la bio-carbonatation de co-produits industriels stratégiques

Pour parvenir à l'objectif «Net Zéro» d'ici 2050, le monde doit réduire les émissions atmosphériques de CO_2 de 1,4 $GtCO_2$ par an. Selon l'évaluation AR6 du GIEC, toutes les voies crédibles de réduction des émissions en vue d'atteindre le niveau zéro d'ici à 2050 nécessitent des quantités substantielles de captage et de séquestration du carbone et d'élimination du dioxyde de carbone. La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) a établi une feuille de route pour réduire les émissions de CO_2 de 37 % (53 $MtCO_2eq$) d'ici 2030 et de 81 % (16 $MtCO_2eq$) d'ici 2050 par rapport à 2019 (84 $MtCO_2eq$), ce qui nécessitera une transformation drastique de l'ensemble des procédés industriels.

L'Appel à Projet 2024 du Programme et Équipements Prioritaires de Recherche (PEPR) «Soutenir l'innovation pour développer de nouveaux procédés industriels décarbonés» (SPLEEN) s'inscrit dans la stratégie nationale d'accélération France 2030 pour «décarboner l'industrie». Dans ce contexte, le projet CARBIOCEM ambitionne de convertir le CO_2 en matériaux d'intérêt à faible empreinte carbone, une option efficace pour la réduction des émissions de CO_2 et le stockage à long terme de celui-ci. Ce projet fournira les connaissances fondamentales et les voies de bio-minéralisation pour produire des phases cimentaires spécifiques. Le projet devrait permettre i) l'évaluation et le développement de différents bio-procédés pour la carbonatation de co-produits industriels stratégiques; ii) une évaluation de la dépendance entre la réactivité et l'assemblage des phases minéralogiques des produits carbonatés dans un environnement cimentaire; iii) le développement de méthodologies pour la synthèse d'une nouvelle génération de matériaux cimentaires de remplacement à très faible teneur en carbone pour une utilisation dans les applications de mortiers et de bétons. Le consortium du projet CARBIOCEM est composé de spécialistes dans les domaines complémentaires de la biogéochimie, de la géomicrobiologie, de l'écologie, de la science des matériaux et du génie civil. Le Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC) apportera notamment son expertise sur l'évaluation et la compréhension des mécanismes de réaction des co-produits industriels carbonatés en application cimentaire.

CONTACT

PATAPY@INSA-TOULOUSE.FR

Cédric Patapy
MCF UT, LMDC

Simon Blotevogel
CHEF DE PROJET ECOCEM
LABCOM ORISON/ECOCEM

Karim Benzerara
DR CNRS, IMPMC

Claire Dumas
CR INRAE, TBI

Jean-Luc Rols
PR UT, CRBE

Pascale Bénézeth
CR INRAE, GET

DURÉE DU PROJET
54 mois

BUDGET
4,5 M€

PÔLE

MATÉRIAUX MULTIPHASIQUES INNOVANTS

THÈME

COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE ET THERMOCHIMIE DE MATÉRIAUX MULTIPHASIQUE

Projet « PROTEuS* » Étude expérimentale d'un système de stockage d'énergie thermochimique dans un matériau cimentaire

Un matériau cimentaire à forte teneur en ettringite peut être considéré comme efficace dans un système de stockage d'énergie thermochimique à long terme (saisonnier), réduisant ainsi le problème de l'intermittence entre la production et la disponibilité de l'énergie renouvelable. Cependant, une étude expérimentale de stockage de l'énergie dans un réacteur thermochimique contenant le matériau proposé était d'abord nécessaire afin d'évaluer son comportement.

Un prototype innovant de stockage d'énergie à grande échelle, basé sur l'ettringite a été développé et testé au LMDC. Ce prototype est à même de réguler la température, l'humidité, le débit et la pression du flux circulant à travers un échantillon monolithique de CSA (ciment de sulfoaluminate de calcium) de 50 litres. L'hydratation de ce ciment CSA a formé une phase ettringitique ($3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.32H_2O$) ici utilisées afin de stocker l'énergie thermochimique à des températures proches de 60 °C.

Après le cycle de stockage (température élevée et faible humidité relative), le matériau a été refroidi à température ambiante et y est resté pendant quelques jours, simulant ainsi un intervalle de temps avant un hypothétique besoin en énergie. L'énergie stockée a été libérée à la demande par l'hydratation du ciment, à partir d'un flux d'azote froid et humide.

Environ 50 MJ/m^3 ont été libérés du monolithe de 50 litres pendant le cycle d'hydratation. Le prototype a montré la capacité du monolithe à stocker et à libérer de l'énergie : le premier test expérimental de la phase de décharge a montré une libération d'énergie d'environ 10 % de la valeur théorique pour une augmentation de température de 6 K.

Des études complémentaires seront menées afin de comprendre notamment l'impact de l'apparition de fissures au sein du monolithe lors des cycles de charge/décharge, sur les performances énergétiques du système.

CONTACT

STEPHANE.GINESTET@INSA-TOULOUSE.FR

Stéphane GINESTET
PR INSAT, LMDC

Martin CYR
PR UT, LMDC

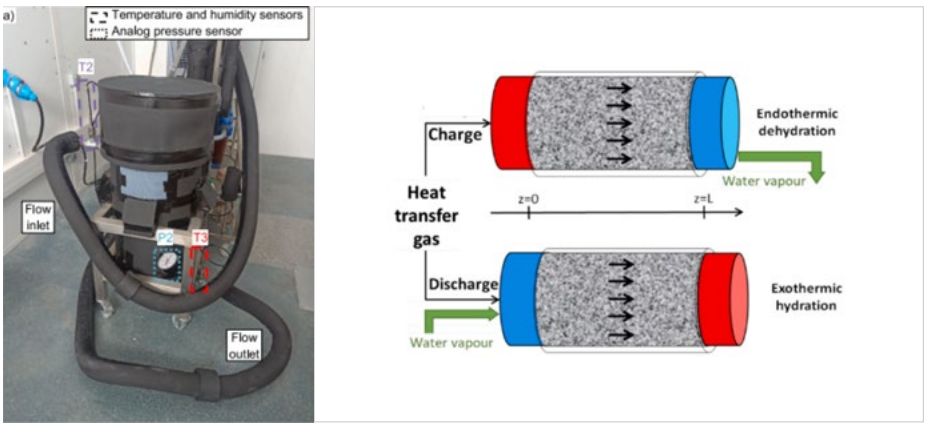
Gabriel SAMSON
MCF INSAT, LMDC

RÉFÉRENCE

Experimental study of a thermo-chemical energy storage system operating at low temperature with ettringite-based materials

Noé Beaupere, Alexandre Maley-Ernewein, Tamar Nahhas, Stéphane Ginestet, Gabriel Samson, Martin Cyr

Solar Energy, Volume 282, 1/11/2024, 112927
doi.org/10.1016/j.solener.2024.112927



VUE DU RÉACTEUR DE 50 L (À GAUCHE), DESIGN DU PROTOTYPE (À DROITE)

* (PROTotype Energy Storage)

Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional

PÔLE

MATÉRIAUX MULTIPHASIQUES INNOVANTS

THÈME

COMPORTEMENT RHÉOLOGIQUE ET MÉCANIQUE MULTI-ÉCHELLE DE MATÉRIAUX MULTIPHASIQUES

Modélisation multi-échelle des propriétés d'usage de nouveaux matériaux bas-carbone

Ce sujet s'appuie sur des résultats issus de *Latapie et al., 2024 – Journal of Building Engineering*.

Dans cette étude, un panneau isolant 100 % biosourcé a été mis au point à partir de moelle de tournesol, sans ajout de liant et à température ambiante, selon un procédé de fabrication innovant et peu énergivore. Ce matériau présente des propriétés thermiques prometteuses, proches de celles des isolants conventionnels, avec un très faible impact environnemental.

Un modèle multi-échelle a été développé pour prédire la conductivité thermique du matériau en tenant compte des effets de la température et de l'humidité relative. Ce modèle repose sur une formulation de type Mori-Tanaka, utilisant une hypothèse de géométrie sphérique adaptée à la microstructure de la moelle. Les résultats obtenus montrent une très bonne concordance entre les prédictions et les données expérimentales, validant ainsi la robustesse de l'approche.

L'originalité du travail réside également dans la transposabilité du modèle à d'autres agrégats végétaux (chanvre, lin, paille…), moyennant une adaptation géométrique aux structures plus cylindriques. Grâce à sa simplicité de mise en œuvre, ce modèle peut être alimenté à partir de données accessibles telles que la porosité particulaire et les courbes de sorption, sans nécessiter de développements sophistiqués.

L'approche permet aussi d'intégrer la variabilité naturelle des matières premières (selon l'espèce végétale, l'origine géographique, ou les méthodes de transformation), ce qui constitue un levier important pour le développement local de matériaux biosourcés performants.

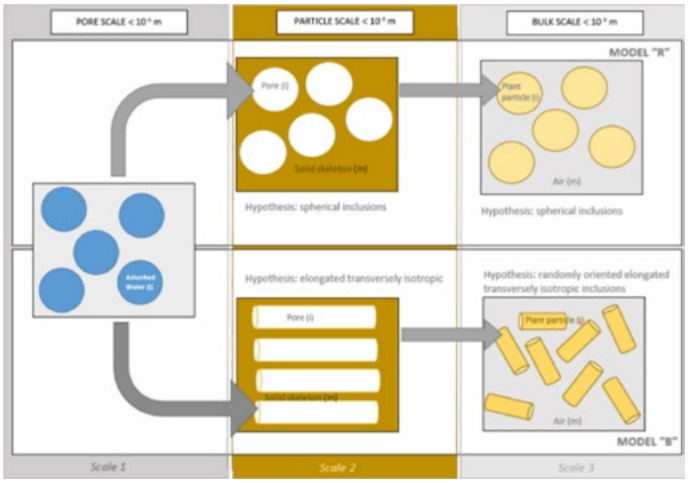
Enfin, des travaux sont en cours pour étendre cette approche à la prédiction des propriétés hygro-thermo-mécaniques en conditions d'usage, ouvrant la voie à une modélisation intégrée du comportement à long terme et de la durabilité de ces matériaux.

CONTACT

ABOUCHAK@INSA-TOULOUSE.FR

Ariane Abou Chakra
MCF INSAT, LMDC

Séverine Rosa Latapie
MCF UTTOP, LMDC



MODÉLISATION MULTI-ÉCHELLE DE MATÉRIAUX HÉTÉROGÈNES BIO-SOURCÉS (LATAPIE ET AL., 2024)

PÔLE

RÉACTIVITÉ, TRANSFERTS ET COUPLAGES DURABILITÉ MATÉRIAUX ET OUVRAGES

THÈME

RÉACTIVITÉ DES MATÉRIAUX EN ENVIRONNEMENT PHYSICO-CHIMIQUE COMPLEXE

Approche performantielle de la formulation des bétons au LMDC

CONTACT

FRANCK.CASSAGNABERE@INSA-TOULOUSE.FR

F. Cassagnabère
MCF UT, LMDC

Gilles Escadeillas
PR UT, LMDC

Myriam Carcasses
PR UT, LMDC

L'approche performantielle développée au LMDC vise à améliorer la durabilité des bétons face aux agressions environnementales (corrosion, gel/dégel, attaques chimiques), en complément des approches normatives traditionnelles. Ce travail est le fruit de collaborations entre partenaires publics et privés, dont les projets nationaux Perfdub (1,2) et ANR Modevie. L'approche repose sur a) la définition de seuils de performance, b) l'élaboration de méthodes d'essais accélérés pour simuler les dégradations en conditions naturelles (lixiviation, réaction sulfatique externe, biodégradation) ; c) la création de bétons de référence ; d) l'intégration dans les normes contractuelles (NF 206/CN, NF18 480).

Focus pour classes d'exposition XA « Attaques chimiques » :

Certaines conditions naturelles dégradent les bétons : lixiviation due aux eaux de ruissellement, biodégradation des réseaux d'assainissement et attaques sulfatiques des sols. Bien que des seuils environnementaux soient fixés normativement, ils ne suffisent pas à évaluer la durabilité du béton, les mécanismes de dégradation étant complexes et multidisciplinaires (physiques, chimiques et biologiques). Pour évaluer ces performances, des essais de vieillissement accéléré sont réalisés (Fig.1), car les dégradations naturelles sont trop lentes pour des études pratiques. Deux approches d'évaluation existent : la méthode absolue, qui compare les résultats à des seuils fixés, et la méthode comparative, qui les confronte à un béton de référence conforme aux normes. L'approche performantielle exige des essais normalisés, réalisés sur béton, simples à mettre en œuvre, de courte durée (moins de 3 mois), répétables, reproductibles, et représentatifs des phénomènes naturels (Fig.2), permettant de discriminer efficacement les matériaux comme un vieillissement réel.

FIGURE 1

Essais de dégradation accélérée par

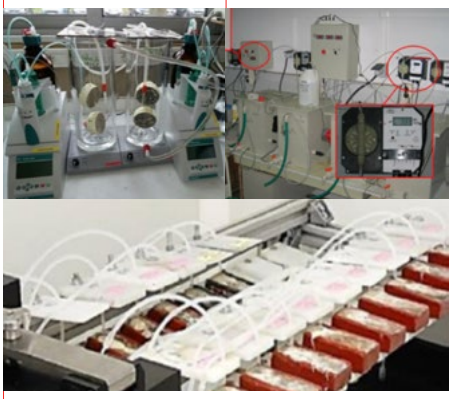
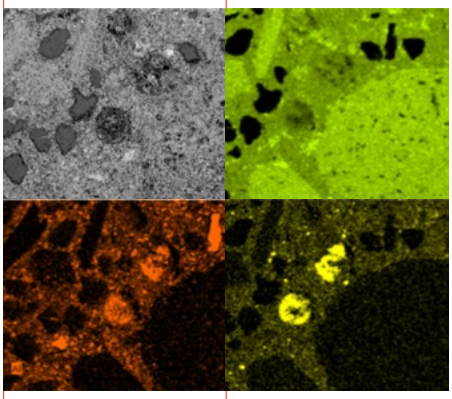


FIGURE 2

Détection de pathologie RSE par



Suite à ces travaux de recherche consacrés à la mise en place de l'approche performantielle (3), l'année 2024 a été marqué par la signature du Groupement d'Intérêt Scientifique Décades (4). Dans la continuité du PN, le GIS a pour objectifs de développer, structurer et promouvoir la recherche dans le domaine de la durabilité du béton et la corrosion des armatures dans les ouvrages en béton armé, intégrant ou non des solutions bas carbone (5).

RÉFÉRENCES

[1] **Performance based-approach to the durability of concrete structures**, IREX Edition, 2024.

[2] https://perfdub.fr/publications/restitutions-des-resultats/

[3] **Evaluation of concrete performance: from improving existing durability tests to the definition of new protocols,** E.Roziere, P.Turcry, F.Cassagnabere, P.Fonollosa, fib Symposium 2025, Antibes, France.

[4] https://www.gisdurabilite-beton-corrosion.com/

[5] **Méthodologie et modélisation des risques de corrosion des armatures dans les bétons bas carbone.** Thèse M.Vouzelaud (2022-2025)

PÔLE

RÉACTIVITÉ, TRANSFERTS ET COUPLAGES POUR LA DURABILITÉ DES MATÉRIAUX ET DES OUVRAGES

THÈME

TRANSFERTS DE MASSE ET DE CHALEUR DANS LES MILIEUX POREUX RÉACTIFS

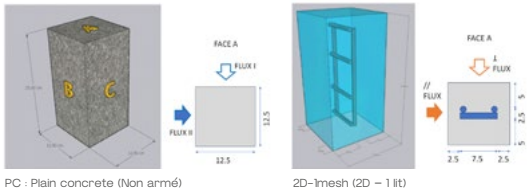
Perméabilité à l'air du béton armé : nouvel appareillage et anisotropie

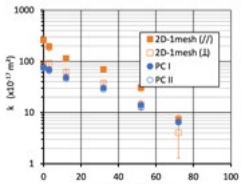
Le pôle 2 du LMDC s'intéresse à la durabilité des ouvrages dans leur environnement. L'évolution de la perméabilité au gaz est indicatrice de l'endommagement, conséquence de pathologies auxquelles est soumis le béton tout au long de la vie de l'ouvrage. Afin de pouvoir évaluer la perméabilité du béton armé et son évolution en présence de pathologie type RGI (Réactions de Gonflement Interne), un nouvel appareillage de mesure a été développé, permettant la mesure sur des corps d'épreuve plus volumineux que ceux habituellement utilisés en laboratoire et donc intégrant des armatures. La validation du système sur béton non armé, et son extension au béton armé non sollicité, ont permis de mettre en évidence une anisotropie de perméabilité du béton armé selon l'orientation des barres.

Dans le cadre de la durabilité des structures en béton armé, la perméabilité renseigne sur l'accessibilité des agents agressifs à la matrice cimentaire et/ou aux armatures, c'est donc un indicateur de durabilité important de risque de vieillissement. La perméabilité est sensible à l'endommagement, elle rend compte de l'existence et de la propagation de fissures, qu'elles soient mécaniques, thermiques ou physico chimiques résultant d'une pathologie. La perméabilité se mesure généralement en laboratoire sur des éprouvettes cylindriques de dimensions réduites qui ne permettent pas ou peu l'analyse d'éléments en béton armé. Cependant, dans certaines situations – notamment pour des bétons peu performants ou fortement dégradés thermiquement ou chimiquement – le confinement appliqué aux échantillons en cellule peut altérer les chemins d'écoulement, conduisant à une sous-estimation de la perméabilité réelle.

L'étude proposée ici s'inscrit dans le cadre de la thèse de Joe Maalouf financée par l'ASNR. Afin de disposer d'un appareillage permettant à la fois la mesure de perméabilité sur des éprouvettes de béton munies d'armatures et endommagées par des réactions de gonflement interne, un système de mesure de la perméabilité au gaz en dépression et régime permanent sur éprouvettes prismatiques et avec un confinement minimal a été proposé : le système VMC, pour Vacuum Modular Concept. Le système permet la mesure sur prismes de dimensions variables. Les faces supérieures et inférieures sont étanchées et la mesure est réalisée sur les faces longitudinales en vis-à-vis. Les faces d'intérêt sont équipées de cloches PVC à leur dimension, les autres faces étant étanchées par des plaques PVC munies de néoprène pour assurer le confinement du flux d'air.

Afin d'analyser l'anisotropie de perméabilité associée à l'orientation des barres, plusieurs configurations ont été testées.





MISE EN ÉVIDENCE DE L'ANISOTROPIE DE LA PERMÉABILITÉ À L'AIR DANS LES ÉLÉMENTS DE BÉTON ARMÉ

CONTACT

VERDIER@INSA-TOULOUSE.FR

Jérôme verdier
MCF UT, LMDC

Stéphane Multon
PR INSAT, LMDC

Hugo Cagnon
MCF UT, LMDC

La figure ci-dessous présente les résultats de perméabilité obtenus pour deux configurations : un béton non armé et un béton armé d'une armature centrale. On observe une isotropie des propriétés pour les échantillons non armés (PC), en raison de leur configuration symétrique. *A contrario* pour les éprouvettes armées, la direction parallèle aux armatures est toujours plus perméable que celle perpendiculaire, mettant en évidence une faible résistance au transfert au niveau des interfaces acier-béton, alors que la perméabilité obtenue perpendiculairement aux barres reste proche de celle des échantillons non armés. Ces essais doivent être étendus à différentes formulations de bétons pour vérifier les résultats obtenus ici. Il est également envisagé d'étendre l'analyse à des échantillons chargés pour évaluer le comportement de l'interface sous charge.

RÉFÉRENCES

Perméabilité à l'air du béton armé endommagé par des Réactions de Gonflement Interne (RGI) »

Thèse soutenue par Joe Maalouf

Université de Toulouse, 2024.

Vacuum Modular Concept, a new technique to measure air permeability: application to anisotropy in reinforced concrete

J. Verdier, J. Maalouf, H. Cagnon, S. Multon et al,

Journal of Building Engineering

doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113897

PÔLE

ANALYSE ET SUIVI DU BÂTI DANS SON ENVIRONNEMENT

THÈME

EVALUATION NON DESTRUCTIVE DES MILIEUX HÉTÉROGÈNES ET APPRENTISSAGES DES DONNÉES

Conception d'un capteur noyé capacitif pour l'évaluation de la teneur du béton

Bon nombre de pathologies du béton dont les réactions de gonflement interne (réaction sulfatique interne ou réaction alcali granulats) ou encore la corrosion requièrent la présence d'eau pour se développer. Il devient alors nécessaire de mettre au point des outils d'évaluation robustes ainsi qu'une méthodologie adaptée pour une estimation fiable de la teneur en eau des structures en béton.

C'est dans ce cadre-là qu'a été mis en place le projet ANR SCaNING, piloté par Géraldine Villain du laboratoire MAST de l'Université Gustave Eiffel (Nantes), dont l'objectif est d'équiper les structures en béton (armé ou précontraint) avec des capteurs noyés qui assureront un suivi continu et automatisé de l'état de santé de ces structures à travers l'évaluation de 4 indicateurs clés : résistance à la compression, module de Young, porosité et teneur en eau. La thèse de Houssein Ibrahim réalisée dans le cadre de SCaNING et soutenue en 2024 s'est intéressée plus particulièrement au développement d'un capteur capacitif noyé multi électrodes à base de circuit imprimé pour le suivi dans le temps du profil de permittivité qui est une grandeur fortement corrélée avec la teneur en eau. Une modélisation numérique du capteur a préalablement été effectuée pour optimiser la taille et la géométrie des électrodes mais a également permis de mieux comprendre toutes les sources de biais de mesure potentiels tels que la longueur des câbles, leur écartement, … Après étalonnage (transformation de la permittivité en teneur en eau) du capteur dans des liquides de permittivité connue, ce dernier a ensuite été testé sur des blocs de béton issus de différentes formulations. Dans un premier temps, les mesures obtenues par le capteur développé ont été comparées à des mesures de référence (mesures surfaciques) de permittivité réalisées sur les mêmes blocs de béton. Les valeurs obtenues sont très proches, ne présentant qu'un écart relatif de permittivité de l'ordre de 7 %. L'influence de la température a été étudiée dans un deuxième temps, permettant de développer des fonctions de correction des valeurs de permittivité obtenues en fonction de la température. Enfin, après calibration sur des carottes, le capteur capacitif a été noyé dans un démonstrateur constitué d'une dalle en béton armé pour suivre son séchage à deux niveaux de température différents : 20 °C et 45 °C. Les résultats des profils de saturation obtenus ont été comparés à ceux obtenus par d'autres méthodes de référence, comme la résistivité électrique et les capteurs thermohygrométriques et montrent des écarts relatifs inférieurs à 10 % entre les trois méthodes.

CONTACT

RANAIVOM@INSA-TOULOUSE.FR

Narintsoa Ranaivomanana
MCF UT, LMDC

Jean-Paul Balayssac
PR UT, LMDC

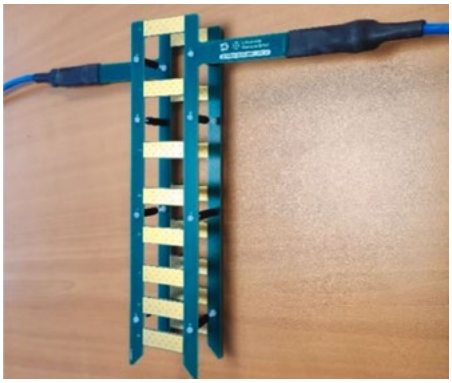
RÉFÉRENCE

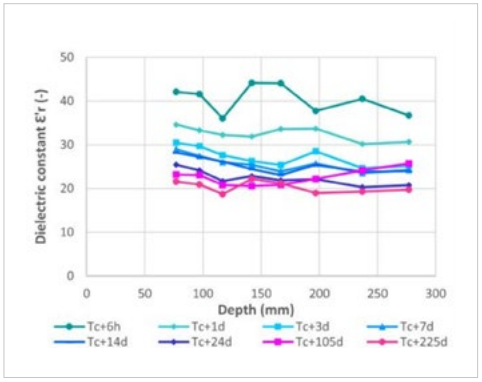
Design and validation of a multi-electrode embedded capacitive sensor to monitor the electromagnetic properties in concrete structures.

Houssein Ibrahim, Géraldine Villain, Narintsoa Ranaivomanana, Sérgio Palma-Lopes, Jean-Paul Balayssac, Thibaud Devie, Xavier Dérobert

Measurement 236 (2024) 115057

doi.org/10.1016/j.measurement.2024.115057





À GAUCHE :
PHOTO DU CAPTEUR CAPACITIF

À DROITE :
PROFIL DE PERMITTIVITÉ OBTENU AVEC LE CAPTEUR À DIFFÉRENTES ÉCHÉANCES

PÔLE

ANALYSE ET SUIVI DU BÂTI DANS SON ENVIRONNEMENT

THÈME

REQUALIFICATION ÉNERGÉTIQUE MULTICRITÈRE DU BÂTI AU QUARTIER

Matériaux photocatalytiques et capteurs de la qualité de l'air

CONTACT

HOT@INSA-TOULOUSE.FR

Julie Hot
MCF UT, LMDC

Erick Ringot
PR UT, LMDC

Exploiter les surfaces du bâti pour capturer les polluants gazeux est une piste intéressante pour améliorer la qualité de l'air. En utilisant un procédé photocatalytique, il est notamment possible de diminuer la concentration des oxydes d'azote (NOx). Un tel procédé repose sur l'absorption par un semi-conducteur d'une énergie fournie par un rayonnement lumineux naturel ou artificiel et conduit à la génération d'espèces réactives oxydantes, qui ont le potentiel de décomposer ou de minéraliser une large gamme de polluants par des réactions d'oxydoréduction. L'objectif du projet MaT'Cap a donc été d'évaluer l'efficacité de dépollution de l'air vis-à-vis des NOx d'un revêtement photocatalytique (appliqué à la surface de murs en béton) en conditions réelles à l'échelle d'une rue canyon. Un consortium multidisciplinaire s'est ainsi créé en Haute-Garonne pour une durée de 3 ans (octobre 2021 – septembre 2024) composé de trois sociétés – Ellona, LRVision et Préga (GA Smart Building) – et du LMDC. Ce projet a bénéficié d'un support financier ReadyNov 2019-2020 de la Région Occitanie.

Un site expérimental a été créé à l'usine de Préga GA sur la commune de Labège (Figure 1). Des voiles en béton armé ont été construits puis positionnés afin de constituer deux rues canyon de 3 m de hauteur et 10 m de longueur, dont les murs de l'une (d'une surface de 60 m^2) ont été traités avec un revêtement photocatalytique formulé par LRVision. Ces rues ont été équipées de divers instruments de mesure, afin d'assurer le suivi des conditions environnementales (station météorologique, analyseur de NOx). Des essais de pollution forcée ont été réalisés en positionnant un véhicule à l'entrée de chaque rue pour simuler un épisode critique de pollution en milieu urbain (par exemple, un trafic routier intense). Trois stations de surveillance WT1 de la qualité de l'air fournies par Ellona ont été positionnées à 1,50 m de hauteur à l'intérieur de chaque rue canyon afin de mesurer la concentration des NOx à différentes distances de la source d'émission de polluants – à 1 m, 4 m et 9 m du pot d'échappement. Une étude comparative de l'évolution de la concentration des NOx (NO et NO_2) dans chaque rue canyon a été réalisée, afin d'évaluer l'impact du revêtement photocatalytique sur la pollution de l'air. Des valeurs 2 à 4 fois plus faibles pour la rue canyon traitée (en orange, Figure 2) par rapport à la rue canyon témoin (en vert, Figure 2) ont été obtenues. Ainsi, lors d'épisodes critiques de pollution, ce procédé permettrait d'atténuer les pics de pollution et de diminuer la fréquence d'exposition de la population à une concentration de NO_2 supérieure à la valeur seuil européenne (40 $\mu g.m^{-3}$, soit environ 20 ppb). L'utilisation combinée de la photocatalyse et des surfaces du bâti existant pourrait être une méthode corrective de la pollution de l'air en complément des mesures de prévention déjà en place motivées par les politiques de qualité de l'air des collectivités. Le déploiement d'un réseau de stations WT1 permettrait, par ailleurs, d'obtenir un maillage de surveillance de la qualité de l'air plus dense qu'actuellement et d'offrir un système d'informations en temps réel pour les usagers sur leur environnement immédiat.

RÉFÉRENCE

NOx abatement by a TiO_2-based coating under real-life conditions and laboratory-scale durability assessment

Julie Hot, Clément Fériot, Emilie Lenard and Erick Ringot

Environments 2024, 11(8), 166
doi.org/10.3390/environments11080166

FIGURE 1

Photo du site expérimental. La rue canyon traitée est à droite, la rue canyon témoin (non traitée) à gauche. Les stations de qualité de l'air WT1 sont placées dans chaque canyon. Une station météorologique est placée en haut du voile béton central.

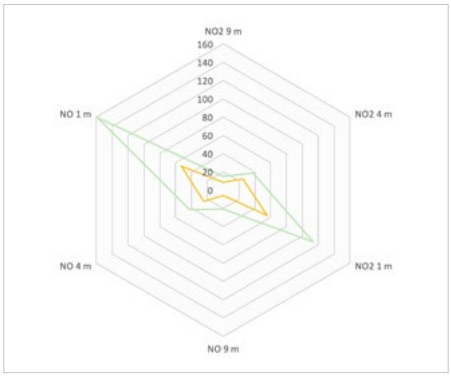


FIGURE 2

Diagramme radar permettant de comparer les concentrations moyennes de NO et NO_2 (en ppb) entre la rue canyon traitée (en orange) et la rue canyon témoin (en vert) à différentes distances de la source d'émission de polluants. Le traitement photocatalytique abaisse la concentration de polluant sous le seul effet de la lumière du jour.

PÔLE

ANALYSE ET SUIVI DU BÂTI DANS SON ENVIRONNEMENT

THÈME

REQUALIFICATION STRUCTURALE ET OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE

Caractérisation mécanique des pierres de Notre-Dame de Paris par essais non destructifs

Suite à l'incendie de la cathédrale Notre-Dame de Paris survenu le 15 avril 2019, des équipes de chercheurs se sont mobilisées pour participer au diagnostic structurel de cet édifice patrimonial. Le LMDC était l'un des partenaires du projet ANR DEMMEFI visant à développer des outils numériques et méthodologiques de diagnostic des structures anciennes en maçonnerie, s'appuyant sur le cas particulier de Notre-Dame. Ce projet a démarré par une caractérisation des pierres de l'édifice effectuée directement sur site à l'aide de la mesure de la vitesse de propagation d'ondes ultrasonores. Ces mesures ont mis en évidence la manière dont les bâtisseurs du Moyen-Age positionnaient les différentes roches du bassin parisien au sein de l'édifice.

Le chantier de réhabilitation de l'édifice a démarré immédiatement après l'incendie. Des échafaudages ont été installés pour sécuriser provisoirement la structure et faciliter l'accès en tout point de l'édifice du sol jusqu'aux parties les plus élevées. Les chercheurs ont profité de cette occasion unique pour effectuer des mesures de vitesse de propagation d'ondes ultrasonores (Vp) sur tous les éléments structurels verticaux (culées, piles, murs gouttereaux), horizontaux (voûtes à croisées d'ogive) et inclinés (arcs boutants) de la cathédrale, sur toute sa hauteur. Ainsi, ce chantier a représenté une occasion exceptionnelle d'acquérir de nouvelles connaissances sur les maçonneries en pierre construites en Europe au cours du Moyen-Age.

La construction de la cathédrale Notre-Dame de Paris s'est étalée sur plusieurs siècles et a fait l'objet de plusieurs restaurations avec démolitions et reconstructions partielles. Les pierres d'origine et les pierres de remplacement ultérieures sont des calcaires lutétiens d'origine marine du bassin parisien, une aire géographique large. Du fait de la diversité des carrières dont elles sont issues, les pierres de NDP ont des caractéristiques mécaniques variables dans un spectre large.

La mesure de Vp est particulièrement appréciée pour caractériser les pierres des édifices anciens dont la valeur patrimoniale interdit de pratiquer des prélèvements par carottage. Une revue bibliographique de 2014, effectuée au LMDC, avait déjà permis de formuler des lois de corrélation entre Vp et les paramètres mécaniques de 200 roches calcaires de la planète [2]. Ces lois ont été utilisées pour estimer les caractéristiques mécaniques des pierres de NDP à partir des Vp mesurés sur site.
Les mesures effectuées sur les 6 types d'éléments structuraux (voûtains, ogives, piliers, murs gouttereaux, arcs boutants, culées) témoignent de la pertinence du choix des roches effectués par les bâtisseurs gothiques qui ont placé les pierres les plus résistantes aux endroits les plus sollicités. En effet, les pierres des voûtains de toutes les voûtes de la cathédrale, sexpartites et quadripartites, sont les éléments les plus tendres. Les culées bénéficient des roches les plus résistantes avec une résistance 4 fois plus élevée. Les résultats ont fait apparaitre que les pierres ont été posées majoritairement « en lit » (litage de la roche parallèle au joint de mortier). Les caractéristiques physiques et mécaniques proposées pour les 6 types d'éléments structuraux ont alimenté les calculs numériques 3D de la cathédrale NDP lors du diagnostic post incendie final.

RÉFÉRENCES

[1] **Mechanical characterisation of the stones of Notre-Dame de Paris by in situ acoustic velocity measurement.**

Domede N., Parent T., Guenser C., Boukham A., Morenon P., Issa-Ibrahim A. S. (2024).

Int. J. of Rock Mechanics & Mining Sciences, 175, 105671.

doi.org/10.1016/j.ijrmms.2024.105671

[2] **Mechanical characterization of limestone from sound velocity measurement.**

Parent T., Domede N., Sellier A., Mouatt L.

Int. J. of Rock Mechanics & Mining Sciences 79 (2015) 149–156.

doi.org/10.1016/j.ijrmms.2015.08.009

CONTACT

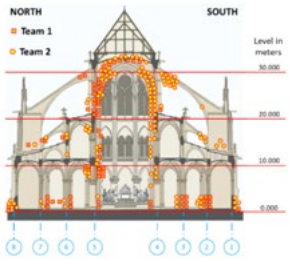
MORENON@INSA-TOULOUSE.FR

Pierre Morenon

INGÉNIEUR-CHERCHEUR TTT, LMDC

Nathalie Domède

MCF INSAT, LMDC



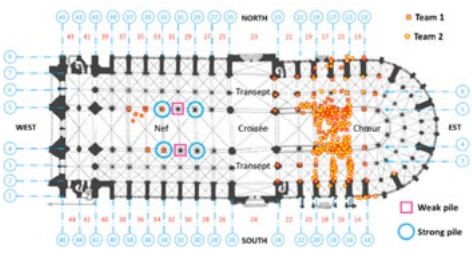


FIGURE 1

Appareil de mesure portatif de la vitesse des ondes ultrasonores dans les pierres de Notre-Dame de Paris.

FIGURE 2

Repérage des points de mesure sur toute la hauteur de la cathédrale dans la zone du Chœur.

DIVISION TRANSFERT DE TECHNOLOGIES
LMDC & NOTRE DAME DE PARIS

CONTACT

MORENON@INSA-TOULOUSE.FR

Pierre Morenon
INGÉNIEUR-CHERCHEUR TTT, LMDC

La division Transfert de Technologies du LMDC au cœur de la renaissance de Notre-Dame de Paris

Le 15 avril 2019, un incendie ravageait la cathédrale Notre-Dame de Paris, détruisant sa charpente historique et fragilisant sa structure. Face à l'urgence de la reconstruction, les Architectes en Chef des Monuments Historiques (ACMH) ont sollicité une expertise scientifique approfondie pour élargir leur analyse. La division Transfert de Technologies du LMDC s'est rapidement mobilisée, intégrant le chantier scientifique piloté par le CNRS et le Ministère de la Culture dès 2020, dans le cadre du groupe de travail « Structures ».

Forte de son expérience en transfert technologique et de son modèle numérique endo3D, développé au LMDC depuis deux décennies, la division a joué un rôle central dans l'évaluation post-incendie de la cathédrale. Les objectifs : comprendre la stabilité des voûtes sexpartites avant et après l'incendie, modéliser les effets thermiques dus au feu et aux interventions d'extinction, et évaluer les interactions entre la nouvelle charpente en bois et les structures en place pour anticiper les sollicitations au vent.

Trois grandes études ont structuré leur intervention. La première visait à modéliser le fonctionnement mécanique des voûtes et appuis de la cathédrale dans leur état initial, une tâche complexe en raison du manque de données. La deuxième s'est penchée sur les désordres engendrés par l'incendie, révélant que les dilatations thermiques avaient davantage fragilisé l'édifice que la simple perte des propriétés mécaniques ou l'eau utilisée pour éteindre le feu. Enfin, une troisième étude a permis d'étudier la résistance au vent de l'édifice avec sa nouvelle charpente.

Au-delà des résultats techniques, ces travaux ont généré une synergie forte entre le LMDC, d'autres laboratoires universitaires et spin-off, des institutions culturelles et le monde industriel. Ils ont aussi nourri et été nourris par des projets connexes (ANR DEMMEFI, PN DOLMEN) et contribué à la création du réseau thématique MAESTRO en 2025, dédié à la préservation des monuments historiques.

La portée de ces travaux s'est exprimée par des publications scientifiques dans des journaux internationaux [1] [2], des communications auprès du grand public (articles, documentaires télévisés, réalité virtuelle) et des distinctions telles que le prix Geste d'Or 2023. Ils ont même été présentés à l'Élysée, soulignant leur importance stratégique et symbolique pour le patrimoine national.

La réussite de ces études illustre parfaitement la capacité de la division Transfert de Technologies du LMDC à conjuguer excellence scientifique, transfert technologique et impact sociétal, dans un projet de reconstruction aussi emblématique qu'exigeant.

RÉFÉRENCES

[1] **A multi-model structural analysis of the vaults of Notre-Dame de Paris Cathedral after the 2019 fire and a proposal for a hybrid model merging continuum and discrete approaches.**

Parent, T., Brocato, M., Colas, A. S., Domede, N., Dubois, F., Garnier, D., Gros, A., Mindeguia, J.-C., Morel, S., Morenon, P., Nougayrède, P. & Taforel, P. (2024).

Journal of Cultural Heritage, 65, 135-144.

doi.org/10.1016/j.culher.2023.05.009

[2] **On the benefits of the use of complementary numerical models for the structural analysis of a historic masonry monument: Application to a sexpartite vault of Notre-Dame de Paris cathedral.**

Parent, T., Morenon, P., Nougayrede, P., Taforel, P., Dubois, F., & Morel, S.

International Journal of Solids and Structures, 310, 113224. (2025).

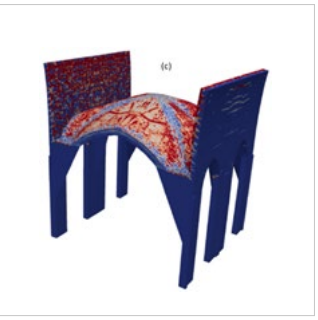


FIGURE 1
Délamination de l'extrados des voûtes

FIGURE 2
Fissuration traversante

FIGURE 3
Fissuration obtenue après l'incendie par le modèle du LMDC

Après l'incendie tragique d'avril 2019, la reconstruction de la cathédrale Notre-Dame de Paris s'est appuyée sur une alliance inédite entre recherche scientifique, expertise numérique et innovation technique, incarnée par la division Transfert de Technologies du LMDC.

INSA-TOULOUSE.FR/LACTU-JANVIER-2025-NOTRE-DAME-5-ANS-APRES/
THECONVERSATION.COM/ESTIMER-LA-SOLIDITE-DES-VOU-TES-DE-NOTRE-DAME-APRES-LINCENDIE-186333
ARTE.TV/FR/VIDEOS/103501-002-A/NOTRE-DAME-DE-PARIS-LE-CHANTIER-DU-SIECLE-2-3/
CANALPLUS.COM/DIVERTISSEMENT/LE-GENIE-DES-BATISSEURS/H/26829591_50034/STREAMING/
YOUTUBE.COM/WATCH?V=3OW8JZ2F2JI

PHOTOGRAPHIE DE LA RECONSTRUCTION DE NOTRE-DAME DEPUIS LA FLÈCHE

FOCUS SUR L'AXE CONSTRUCTION SOUTENABLE ET ECONOMIE CIRCULAIRE

Territoires, matériaux, enjeux climatiques : connecter les échelles et les antennes du LMDC pour une construction soutenable !

CONTACT

SLATAPIE@INSA-TOULOUSE.FR

Séverine Rosa Latapie
MCF UTTOP, LMDC

Camille Magniont
PR UTTOP, LMDC

Aurélie Laborel-Préneron
MCF UTTOP, LMDC

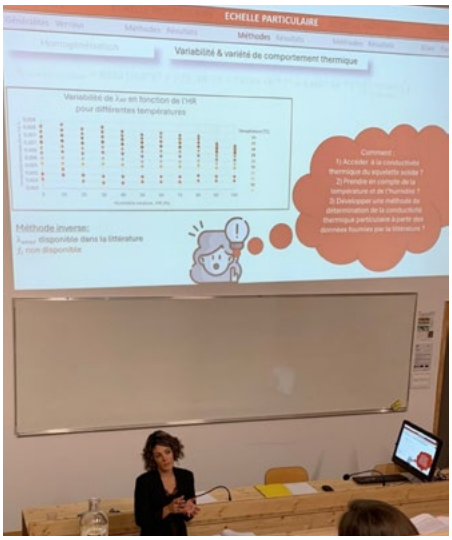
Vincent Sabathier
MCF UTTOP, LMDC

Ariane Abou Chakra
MCF INSAT, LMDC

Depuis plusieurs années, le LMDC s'engage pleinement dans la transition écologique du secteur du bâtiment, en plaçant notamment les matériaux bio et géosourcés au cœur des recherches de l'antenne tarbaise du laboratoire (créée en 2014). C'est dans cette dynamique que s'inscrit la thèse de Séverine Rosa Latapie, soutenue en novembre 2024. Orientés vers la modélisation et l'optimisation des performances thermiques des matériaux bio et géosourcés par approche multi-échelle, ses travaux ont un objectif clair : valoriser une large gamme de co-produits agricoles pour construire de manière durable, à partir des ressources disponibles localement.

Ce travail de recherche innovant s'appuie sur une approche à la fois multi-physique et multi-échelle, afin d'appréhender les performances thermiques de différents matériaux bio et géo-sourcés (sous forme de béton végétal, terre allégée, isolation en vrac ou panneau de particules). La prise en compte de la réelle morphologie des matériaux ainsi que des effets des contraintes d'usage (température et humidité relative) dans les modèles développés contribue de manière significative à la levée de verrous scientifiques persistants. Cela ouvre la voie à l'optimisation des formulations ainsi que des process de fabrication. L'approche interdisciplinaire menée -mêlant les domaines du génie civil, de la physique, de la chimie et des techniques d'homogénéisation par champs moyens- permet en outre de proposer des solutions novatrices vis-à-vis de la variabilité de la ressource. L'accessibilité des données d'entrée de la modélisation est un point fondamental de la démarche proposée. Elle permet une applicabilité rapide des modèles, au plus près des besoins des acteurs du secteur du bâtiment. Ces travaux de recherche contribuent donc pleinement à une démarche de valorisation des matières premières locales pour une construction durable. Portés par l'axe Construction soutenable et économie circulaire du LMDC piloté par Camille Magniont, professeure des Universités, ils ont été encadrés par Ariane Abou-Chakra (LMDC Toulouse) et Vincent Sabathier (LMDC Tarbes).

Fruit d'une collaboration étroite entre les antennes toulousaine et tarbaise du LMDC, cette thèse a permis de structurer une activité de modélisation sur les matériaux biosourcés à Tarbes, basée sur les travaux expérimentaux menés depuis plusieurs années sur le site tarbais (Aurélie Laborel-Préneron 2018, Méryl Lagouin 2019, Haga Ratsimbazafy 2022). Grâce à la richesse de ces campagnes expérimentales, Séverine Rosa Latapie peut aujourd'hui proposer un cadre méthodologique pour caractériser, optimiser l'usage des matériaux bio et géo-sourcés à des fins d'isolation. Il s'agit d'accélérer leur intégration dans les pratiques constructives et soutenir l'émergence de filières locales fondées sur l'économie circulaire via la réutilisation de déchets agricoles. L'arrivée actée fin 2024 dans l'équipe tarbaise d'Hélène Welemane -qui travaille en particulier sur l'homogénéisation multi-échelle par homogénéisation- ainsi que de Méryl Lagouin -qui étudie notamment le comportement thermo-hygrique des matériaux bio et géo-sourcés- témoigne de la dynamique enclenchée dans le laboratoire. C'est une véritable montée en compétences sur la modélisation des éco-matériaux de construction, qui viendra en appui des travaux expérimentaux développés sur site et la promesse de belles collaborations à différentes échelles entre expérimentateurs et modélisateurs, défendues par Séverine Rosa Latapie tout au long de ses travaux.



Après plusieurs participations en tant que doctorante aux écoles d'automne du GDR Matériaux Bio-Sourcés (MBS), Séverine Rosa Latapie s'est engagée en 2024 dans la mise en place du Club Des Doctorants de ce même groupement. Elle coordonne ainsi différentes actions dont l'objectif est de créer une véritable dynamique collective afin de faciliter l'intégration et l'accompagnement des doctorants, les informer sur les perspectives post-doctorales et favoriser les échanges interdisciplinaires. Déjà fort d'une large communauté de spécialistes des matériaux biosourcés, ce groupement de recherche s'ouvre désormais aux matériaux géosourcés dans le cadre du GDR MBGS, renforçant ainsi les opportunités de partenariats scientifiques et industriels pour le LMDC.

Soutenance de thèse de Séverine Rosa Latapie, 7 Novembre 2024, dans les locaux de l'antenne tarbaise du LMDC (Bâtiment GCCD, IUT de Tarbes)

LABCOM
ORISON

LABORATOIRE COMMUN ENTRE
LE LMDC ET L'ENTREPRISE ECOCEM

Le LabCom Orison, une collaboration marquante sur les liants bas-carbone

Créé en 2022 après plusieurs années de collaboration entre le LMDC et l'entreprise Ecocem, le laboratoire commun Orison (carbOn neutRality InStitute fOr cemeNts) développe des activités de R&D visant à la réduction de l'empreinte carbone des liants hydrauliques et de leurs applications, via non seulement la valorisation de laitier de haut fourneau, mais aussi de tout un panel de matériaux naturels et de co-produits industriels.

Le béton de ciment, souvent qualifié de pierre artificielle, est le matériau de construction le plus utilisé au monde. Malgré plusieurs avantages techniques, il présente néanmoins une forte empreinte environnementale due à la présence de ciment Portland (CEMI) dans ses constituants, responsable à lui seul d'environ 8% des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

C'est dans ce contexte qu'entre en jeu la collaboration entre le LMDC et Ecocem, avec notamment l'utilisation de laitiers de haut fourneau, sous-produits de la fabrication de l'acier. Ces matériaux de substitution du ciment Portland ont une réactivité cimentaire latente et présentent un impact carbone 7 à 8 fois plus faible que le ciment Portland conventionnel. Pour être utilisés efficacement dans les bétons, les laitiers de haut fourneau doivent présenter une réactivité hydraulique suffisamment importante, pour développer les performances mécaniques nécessaires au respect des cadences de production imposées par l'industrie. Le projet Européen Actislag (Research Fund for Coal and Steel), dont le LMDC a été partenaire, a permis d'étudier la réactivité des laitiers de haut fourneau dans des ciments à fort taux de remplacement de ciment (75% de laitier – 25% de ciment classique), en fonction de la composition des laitiers. Une découverte importante a montré qu'une évolution de la teneur massique en TiO2 de 0,7 à 2,5% du laitier entraîne une perte de 50% de la résistance mécanique du béton.

Depuis sa création, la collaboration entre le LMDC et Ecocem a permis ou participé au financement de 5 thèses de doctorats (3 soutenues, 2 en finalisation), 4 contrats postdoctoraux, 2 projets européen (Actislag, entre 2018 et 2021 ; Eco-Slag-Cem, qui démarrera en sept 2025), 1 chaire industrielle scientifique (L2A – Liants alcali-activés, entre 2018 et 2021), 1 projet ANR (BIBENdOM) et de multiples stagiaires de master. Le fruit de cette collaboration et des travaux scientifiques menés ont permis par ailleurs la publication de 20 articles scientifiques, une quinzaine de congrès internationaux et le dépôt de 10 brevets internationaux. Enfin, le LMDC accueille de manière permanente six employés d'Ecocem.

CONTACT

MARTIN.CYR@UTOULOUSE.FR

Martin Cyr
PR UT, LMDC

ecocem

LMDC Toulouse - Tarbes

ORISON carbOn neutRality InStitute fOr cemeNts

CONFÉRENCE
ICCM 2024

Conférence ICCM 2024 : Transition vers les bétons bas carbone

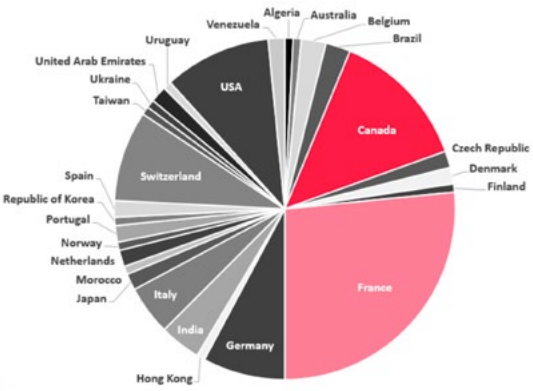
Le LMDC a accueilli en juin 2024 la 12ème édition de la conférence ICCM (International Conference on Cementitous Materials and alternative binders for sustainable concrete) intitulée : Transition vers les bétons bas carbone.

La conférence s'est déroulée du 23 au 26 juin 2024 à Toulouse (Hôtel Mercure) et a été co-organisée par des enseignants-chercheurs du LMDC et de l'université de Sherbrooke (Canada), avec le soutien de l'ACI et de la RILEM. Après une édition en ligne en 2021 en raison du Covid, les membres du LMDC étaient très heureux d'accueillir à Toulouse plus de 250 participants venant de 27 pays.

L'objectif de cette conférence internationale était de présenter les dernières avancées scientifiques et techniques disponibles dans le domaine des matériaux cimentaires alternatifs et des liants innovants destinés à être utilisés dans le béton. Des communications originales ont été présentées lors de la conférence et publiées dans des actes par l'ACI. 128 articles ont été publiés dans les comptes rendus de la conférence.

La conférence a démarré par cinq présentations d'invités prestigieux : Karen Scrivener (Suisse), Nicolas Roussel (France), Sui Tongbo (Chine), R. Douglas Hooton (Canada) et Barbara Lothenbach (Suisse). Le programme a été divisé en 21 sessions aux thèmes variés incluant la rhéologie, la microstructure, les liants alternatifs, l'ACV et la durabilité.

Deux personnalités ont été récompensées pour leurs brillantes carrières et leurs signifiantes contributions dans le développement des liants bas carbone : Pr. Jean Michel Torrenti et Pr. Wolfram Schmidt. La prochaine édition aura lieu en 2027 à Marrakech et le LMDC fait maintenant partie du Comité permanent de cette conférence.



CONFÉRENCE
RILEM

78ème RILEM Annual Week & Conference on Sustainable Materials & Structures

Le LMDC et l'INSA de Toulouse ont réuni la communauté scientifique des matériaux et structures du génie civil du 25 au 30 août 2024 lors de la RILEM Conference SMS 2024 qui s'est tenue au Centre de Conférence Pierre Baudis à Toulouse. Cette édition, portée par Pr Alexandra Bertron, a connu un grand succès avec plus de 470 inscrits, représentant 50 pays, plus de 280 présentations standards, 3 sessions plénières faisant intervenir des chercheurs de renommée internationale et 90 présentations flash accompagnées de leurs posters.

Après 11 ans en dehors de nos frontières, la RILEM Week a fait son retour en France en 2024. Lors de cette semaine, trois jours ont été consacrés à des formations scientifiques (Cement hydration and Supplementary Cementitious Materials ; Rheology and processing of fresh cement-based materials ; Durability of concrete ; Corrosion, anti-corrosion of reinforced concrete ; Earthen materials & construction) dispensées par 11 scientifiques internationaux, leaders dans leur domaine de recherche. Une journée a été consacrée à un workshop participatif (groupes de travail, restitution et débats) sur le thème « RILEM and Climate change ». Enfin, les membres du bureau RILEM ont pu se rassembler et échanger autour de différentes thématiques.

A cette occasion s'est aussi tenue la RILEM Conference on Sustainable Materials & Structures: Meeting the major challenges of the 21st century (SMS 2024) présentant un programme passionnant dans le but d'offrir un espace de discussions scientifiques riches et directes pour répondre aux défis cruciaux des prochaines décennies : un secteur de la construction qui développe des solutions pour minimiser son impact environnemental tout en optimisant ses performances et en favorisant le confort et la qualité d'utilisation. Une très grande variété de thématiques a été abordée, permettant à un maximum d'acteurs scientifiques de se retrouver et de présenter leurs travaux lors de cette conférence internationale majeure. Les thèmes couverts étaient les suivants :

- Matériaux cimentaires : développement et caractérisation des liants cimentaires
- Matériaux cimentaires : Premier âge, rhéologie et procédés de fabrication
- Matériaux cimentaires et structures : durabilité et performances à long terme
- Matériaux bitumineux : propriétés, durabilité et résilience
- Bois dans les structures
- Matériaux biosourcés
- Science du béton guidée par les données (IA pour les matériaux en béton et les infrastructures civiles)
- Matériaux et bâtiments historiques et patrimoine culturel
- Matériaux pour le stockage de l'énergie (sensibles à la chaleur, chaleur latente et thermochimie)
- Matériaux & construction à base de terre
- Procédés à faible émission de CO_2, à faible consommation d'énergie et de ressources, recyclage
- Corrosion, entretien et réparation des structures en béton armé
- Contrôle non destructif des matériaux et structures en béton
- Caractérisation et modélisation à petite échelle
- Économie circulaire, Analyse du cycle de vie, Pratiques régionales
- Corrosion des matériaux d'ingénierie (Session pour jeunes scientifiques)
- Journée de l'innovation (Session pour les entreprises)

Cette conférence a également été l'occasion de mettre en avant les jeunes chercheurs talentueux avec l'attribution du prix Robert l'Hermite 2024 décerné à Jose Norambuena-Contreras et également l'attribution de plusieurs prix jeunes chercheurs (papier + présentation et poster + présentation) pour les doctorants et les jeunes docteurs.

LABORATOIRE MATÉRIAUX ET DURABILITÉ DES CONSTRUCTIONS

HIGHLIGHTS 2024

LAB-LMDC.FR

LMDC@INSA-TOULOUSE.FR

LMDC
Toulouse - Tarbes