

## Un positionnement renforcé auprès de l'INRA

Le Département I2M-GCE accueille en son sein des chercheurs et personnels techniques de l'INRA. Depuis plusieurs années, il est **Unité Sous Contrat (USC)** avec le **Département INRA-CEPIA** (Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture), au sein duquel nous menons des activités de recherche et animons des programmes (A. Ndiaye) dans le domaine de la modélisation de la connaissance. L'arrivée récente de Cédric Baudrit comme chercheur au laboratoire s'est inscrite dans ce cadre. A l'occasion de la récente contractualisation du laboratoire, nous avons aussi souhaité devenir USC du **Département INRA-EFPA** (Ecologie des forêts, prairies et milieux aquatiques), pour être pleinement en phase avec les activités scientifiques menées au laboratoire, aussi bien sur la caractérisation du matériau bois que sur sa valorisation sous forme de composites ou de produits pour la construction. Ainsi, par exemple, le projet Qualipin, dont nous avons parlé dans une édition précédente de cette lettre, aborde-t-il l'ensemble de la chaîne de valeur, depuis la vulnérabilité de l'arbre aux tempêtes jusqu'à l'élaboration de composites innovants pour la construction. Nous avons récemment reçu l'accord du Conseil Scientifique de l'INRA vis-à-vis de ce double positionnement. Cette double reconnaissance s'inscrit dans la logique d'un développement croissant de nos activités au sein de l'INRA, s'appuyant largement sur les compétences des personnels des différentes tutelles (Université Bordeaux, CNRS, BSA...).

## Une expérience de transfert de savoirs

Au début du mois de janvier, le **projet MOCOBOIS** (avec Aquitaine Sciences Transfert) a été finalisé. Le Projet MOCOBOIS visait, sur la base des avancées académiques en termes de modélisation du matériau, de développer, en vue de leur commercialisation, des modules techniques permettant une caractérisation fine des propriétés du matériau. Nous avons réalisé deux modules de caractérisation dédiés à la fissuration du bois et au collage structural. Les modules couvrent aussi bien la partie expérimentale à proprement parler que les procédures d'analyse des mesures permettant l'identification des propriétés. Une licence logicielle a été programmée de traitement de données « Sylvafrac », élaboré par A. Gangnant, S. Morel et JL Coureau.



## Des soutenances de doctorat en rafale

La fin de l'année, avec les échéances des dossiers de qualification, est une période à laquelle se concentrent usuellement les soutenances de thèse. Cette année a été particulièrement fructueuse avec sept soutenances au département en moins de quatre mois, sur des sujets dont la diversité reflète la variété des thématiques de recherche : caractérisation de la fissuration du bois en ambiance variable, comportement mécanique des composants de la construction bois sous action sismique, transferts hydrocarbonés dans les karsts, reconnaissance géophysique, contrôle non destructif du béton, modèles probabilistes et décision en contexte incertain... *Pour des informations plus précises, rendez-vous pages 2 à 8.*

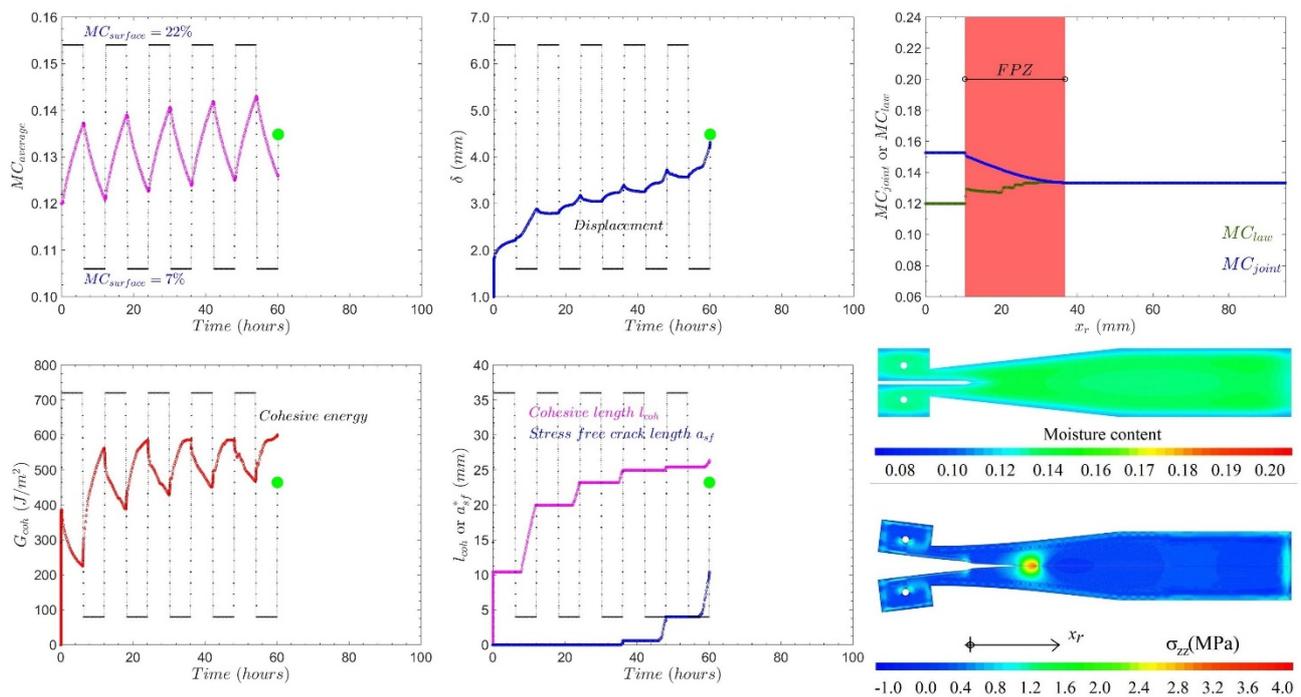
Le site Web du Laboratoire et du Département ( <http://i2m.u-bordeaux.fr/departements/genie-civil-et-environnemental-gce.html> ) vous permet en quelques clics de prendre connaissance des projets en cours, mais aussi d'avoir des informations détaillées sur le projet scientifique de l'unité, ou encore d'accéder aux précédentes éditions de la Lettre d'Information. N'hésitez pas à le ranger parmi les favoris de votre navigateur.

Le 20 janvier 2016, Ngoc-Anh PHAN a soutenu son doctorat sur le sujet suivant : **Simulation de la propagation de fissures dans un matériau quasi-fragile soumis à des variations d'humidité relative selon une approche de zone cohésive : application au bois**

La thèse a été consacrée à la simulation du comportement à la rupture de bois sous des chargements à long terme et sous des conditions d'Humidité Relative (HR) de l'air variables. Le bois est un matériau fortement hygroscopique et ses propriétés mécaniques et de rupture sont très dépendantes de sa teneur en eau. En outre, la stabilité d'une fissure existante dans un élément structural peut être fortement influencée par les variations, en particulier brusques, d'humidité relative, ce qui peut conduire à la rupture inattendue de l'élément.

Ce doctorat s'est déroulé sous l'encadrement de S. Morel et M. Chaplain. Les autres membres du jury étaient P. Navi (Ecole Polytechnique Fédéral de Lausanne), F. Dubois (Université de Limoges), E. Martin (INP Bordeaux), J. Gril (Université de Montpellier) ; N. Dourado (Université de Minho, Portugal), T. Feret (FIBC) et J-L. Coureau. Le doctorat a été soutenu par la région Aquitaine dans le cadre d'un projet de recherche sur l'impact des modifications climatiques.

L'approche thermodynamique proposée intègre l'effet de mécanosorption dans l'expression analytique de la déformation, en découplant les déformations mécaniques et celles dues au comportement mécanosorptif du matériau. En outre, la rupture quasi-fragile du matériau bois est traduite par un modèle de zone cohésive dont les paramètres de cohésion sont fonction de la teneur en eau afin de simuler l'effet de l'humidité sur les propriétés de rupture. Sur cette base, une formulation incrémentale permet l'intégration de l'effet des variations soudaines d'humidité relative (autrement dit, le choc hydrique) sur la zone d'élaboration (zone cohésive) en introduisant un champ de contraintes supplémentaires le long de cette zone. Fonction de la variation de HR, ce champ de contraintes supplémentaires dépend de l'état de contrainte et de l'ouverture de la fissure le long de la zone cohésive, mais également de l'humidité en pointe de fissure (matériau non endommagé). Dans l'analyse par éléments finis, un opérateur tangent algorithmique est utilisé pour résoudre le problème non linéaire en combinant le modèle de mécanosorption et le modèle de zone cohésive et en intégrant l'effet du choc hydrique.



*Simulation numérique de l'effet des variations hygrométriques sur la propagation des fissures*

La simulation du comportement d'une éprouvette entaillée soumise à un chargement constant et à des variations cycliques de HR montre un fort couplage entre le comportement mécanosorptif et l'effet du choc hydrique HR sur la zone d'élaboration. Ce couplage entraîne une augmentation de la propagation des fissures et conduit à une fissuration plus précoce que celle obtenue à partir du modèle de mécanosorption seul ou à partir du modèle de zone cohésive en intégrant l'effet des variations soudaines de HR. En outre, le couplage entre le modèle mécanosorptif et le modèle de zone cohésive en intégrant l'effet du choc hydrique montre l'intérêt d'une telle approche numérique pour décrire le comportement complexe des éléments de charpente en bois soumis à des conditions climatiques variables, comportement qui ne peut être prédit par une simple superposition des deux modélisations.

Le 1<sup>er</sup> février 2016, **Yassine VERDRET** a soutenu son doctorat sur le sujet suivant : **Analyse du comportement parasismique des murs à ossature bois : approches expérimentales et méthodes basées sur la performance sismique**

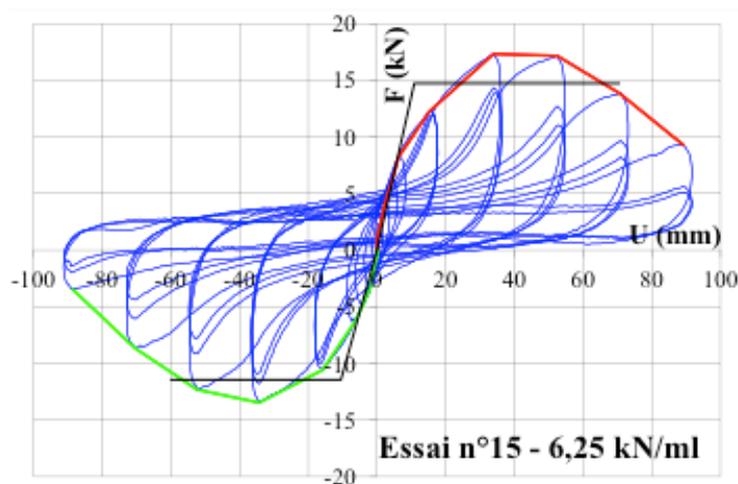
Les travaux de thèse consistent à étudier et modéliser le comportement parasismique des éléments de murs à ossature en bois au travers d'approches expérimentales et du développement de méthodes basées sur le concept de performance sismique.

*Ce doctorat s'est déroulé dans le cadre d'une collaboration entre I2M-GCE et le FCBA, sous l'encadrement de D. Breysse, S-M Elachachi et de C. Faye (FCBA). Les autres membres du jury étaient M. Yasumura, (Université de Shizuoka, Japon), L. Davenne (Université Paris-Ouest), W. Seim (Université de Kassel, Allemagne), A. Chateauneuf (Université B.P. de Clermont-Ferrand), L. Lemagorou (FCBA) et M. Chaplain.*

La partie expérimentale a regroupé trois campagnes d'essais : (1) une série d'essais monotones et cycliques à l'échelle d'assemblages agrafés et pointés, (2) une série d'essais monotones et cycliques à l'échelle de l'élément de mur à ossature en bois et (3) une série d'essais dynamiques sur table vibrante, reproduisant des séismes naturels et synthétiques. La base de données constituée par les résultats d'essais a permis l'identification des propriétés (résistance, raideur,...) des éléments de murs selon les conditions de sollicitation (vitesse d'essai, chargement vertical, orientation des agrafes, type de panneau...).

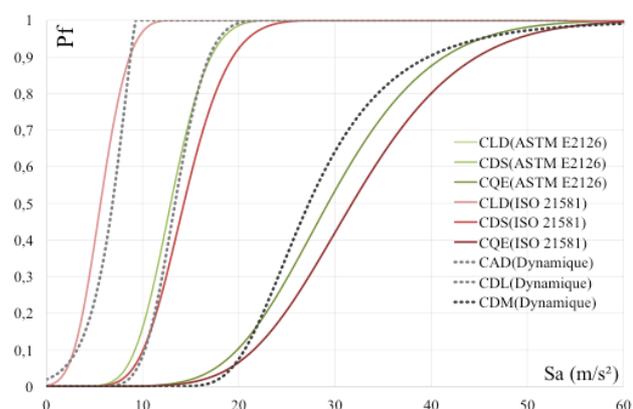


*Exemple de configuration de panneau de Maison à Ossature Bois*



*Modélisation du comportement cyclique*

La modélisation à l'échelle macro du comportement cyclique et dynamique de tels éléments a été développée. Dans une première phase l'utilisation de lois de comportement dans le cadre d'une analyse non linéaire temporelle a permis de confronter les résultats simulés aux résultats d'essais. Dans un second temps, une extension de la méthode N2 (méthode basée sur le concept de performance sismique) a été appliquée aux structures à ossature bois permettant de gagner en temps de calcul, souvent prohibitifs s'agissant de calculs dynamiques, avec une qualité de description et de précision suffisantes.



*Courbes de vulnérabilité reconstruites pour les différents niveaux de dommage et différentes méthodes de calcul*

Enfin une analyse de vulnérabilité par l'établissement de courbes de fragilité a permis d'estimer les probabilités de dommage selon l'état limite considéré. Elle a aussi mis en lumière l'influence de la variabilité des caractéristiques matérielles sur la dispersion des vulnérabilités, et la nécessité de définir de manière précise les différents niveaux de dommage.

Le 19 novembre 2015, **Sébastien MINVIELLE** a soutenu son doctorat sur le sujet suivant : **Etude de l'infiltration et de ses variations interannuelles en contexte épikarstique pour la caractérisation du fonctionnement des hydrosystèmes karstiques : Utilisation de la méthode ISc-Pco2 et des modèles réservoirs**

L'infiltration correspond à l'ensemble des écoulements contribuant à la recharge des réserves des systèmes karstiques ou aux variations des débits à leurs exutoires. L'objectif de la thèse était la caractérisation de l'infiltration et son utilisation dans l'étude des transferts pour la compréhension du fonctionnement des systèmes karstiques.

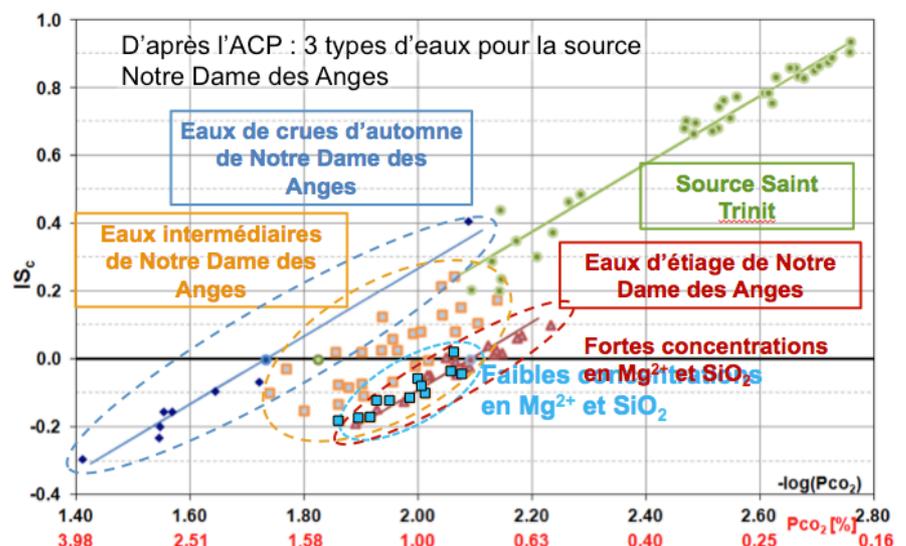
*Ce doctorat s'est déroulé sous l'encadrement de A. Denis et de R. Lastennet.*

*Les autres membres du jury étaient B. Andréo-Navarro (Université de Malaga), N. Massei (Université de Rouen), S. Binet (Université d'Orléans), J. Perrin (BRGM)*

Deux sites ont été utilisés pour analyser cette infiltration : celui de la colline de Lascaux en Dordogne et celui du Nord du Vaucluse en Provence, composé de plusieurs sources karstiques. Ces sites en milieu carbonaté se différencient tant par leur structuration – système épikarstique et aquifère karstique perché, pour le premier, et systèmes épikarstiques, fissuré ou karstiques à zone noyée, pour le second – que par les conditions climatiques rencontrées au niveau de leurs impluviums respectifs.

L'étude hydrodynamique des systèmes épikarstiques par les modèles réservoirs ne convient actuellement pas : la fonction de production ne permet pas de reproduire de manière satisfaisante l'infiltration. L'utilisation d'un modèle réservoir, initialement basé sur les équations de Coutagne, a permis de souligner la nécessité d'ajouter deux modules de calcul. Le premier concerne l'estimation d'une évapotranspiration effective, issue d'une loi exponentielle, considérant la hauteur d'eau dans le réservoir sol. Le deuxième module insiste sur l'utilité d'une fonction de stockage de l'épikarst pour caractériser au mieux les transferts vers l'aval du système.

L'étude hydrochimique s'appuie majoritairement sur les équilibres calco-carboniques de l'eau et donc sur les transferts de masses de carbone inorganique. Ils permettent d'accéder à différentes grandeurs telles que la pression partielle de dioxyde de carbone – équilibrante ( $P_{CO_2\_eq}$ ) ou à saturation ( $P_{CO_2\_sat}$ ) – et à l'indice de saturation vis-à-vis de la calcite (ISc). La mise en relation de ces deux paramètres au sein d'un graphique  $\{-\log(P_{CO_2}) : ISc\}$  (voir figure) ont permis de distinguer différents types d'eaux issus des différents compartiments du karst.



*Identification des différents types d'eau dans le système karstique, dans le repère  $\log(PCO_2) - ISc$*

Il en est résulté un schéma de transfert des différents types d'eaux passant à l'exutoire tenant compte de l'état d'ennoiement du système. L'évolution pluriannuelle de l'infiltration a aussi été mise en avant par la variation de sa composition chimique pouvant être en relation avec des facteurs climatiques.

A l'issue de ce travail, il apparaît que la connaissance des processus liés à l'infiltration est fondamentale pour la compréhension des écoulements en milieux karstiques dans un objectif de quantification de la recharge et de protection de la ressource.

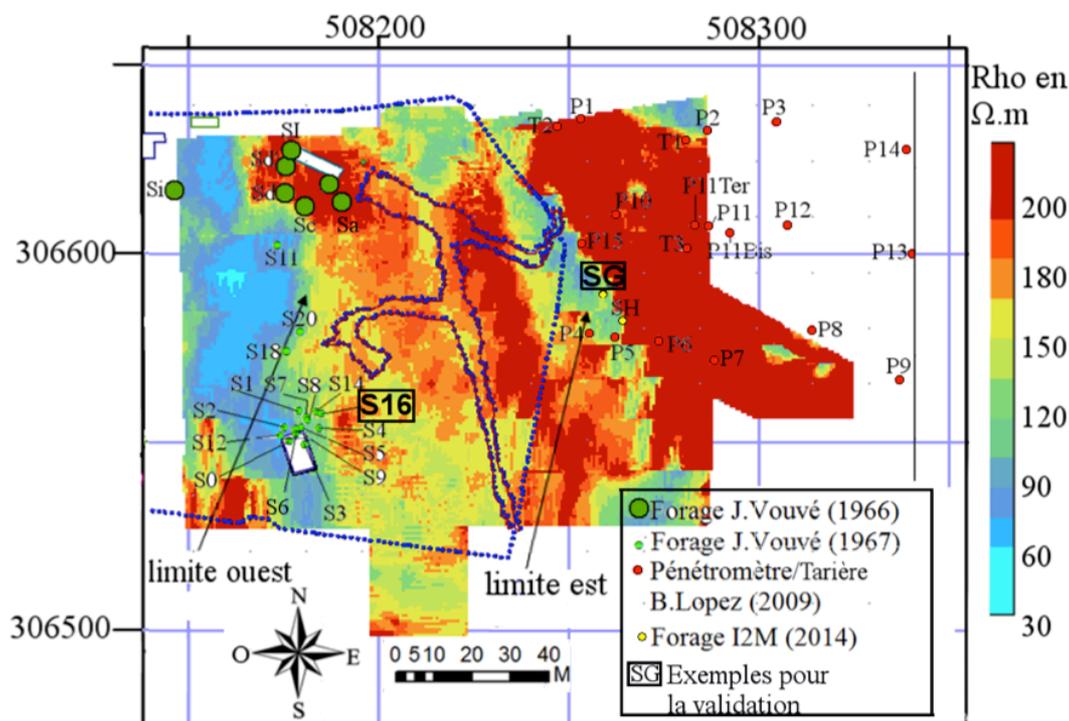
Le 24 novembre 2015, **Shan XU** a soutenu son doctorat sur le sujet suivant : **Caractérisation de l'environnement karstique de la grotte de Lascaux par couplage de méthodes géophysique, statistique et géostatistique**

*Ce doctorat s'est déroulé sous l'encadrement de C. Sirieix, A. Marache et C. Ferrier. Les autres membres du jury étaient R. Guérin, P. Cosenza, J-L. Fernandez-Martinez, J. Riss, A. Rieu et P. Malaurent.*

La grotte de Lascaux (inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO et l'une des plus connues au monde) nécessite, dans le cadre de sa conservation et suite aux aléas subis depuis sa découverte, une attention particulière tant pour elle-même que pour son environnement. L'utilisation d'une méthode géophysique, la Tomographie de Résistivité électrique (TRE), méthode non intrusive par excellence, est donc proposée pour la reconnaissance du milieu karstique qui environne la grotte.

Un suivi temporel par TRE a été mis en œuvre pour caractériser l'amont hydraulique de la grotte et surveiller la variation temporelle de la résistivité des terrains. A l'aide d'analyses statistiques, et en couplant les données microclimatiques aux résultats d'un suivi temporel de vingt-deux mois, nous avons montré la capacité de ce type de mesures à caractériser l'environnement épikarstique de la grotte, particulièrement les zones d'alimentation et celles permettant l'infiltration des eaux pluviales. Une modélisation du débit d'un écoulement situé à l'entrée de la grotte a été proposée à partir des données de résistivité dans la zone d'alimentation identifiée au cours du suivi. Ce modèle a la capacité de prédire les arrêts et les reprises des écoulements dans la grotte, éventuellement des événements journaliers.

A partir des données de résistivité issues d'une prospection 3D du site, des modélisations géostatistiques par krigeage ordinaire et par indicatrice ont été effectuées permettant des représentations spatiales en fonction de la résistivité des terrains. Ces modèles se sont révélés extrêmement instructifs par l'imagerie de l'environnement karstique de la grotte de Lascaux qui en a résulté (voir figure).



*Cartographie des résistivités de la colline de Lascaux mise en relation avec les données de forage*

Les limites des formations détritiques et des calcaires sont identifiées à l'est et l'ouest du site. A l'intérieur des calcaires, on retrouve, bien sûr, les anomalies conductrices déjà identifiées au cours du suivi temporel mais aussi leur extension spatiale. Ainsi, on a pu mettre en évidence la continuité spatiale de certaines anomalies. Le suivi temporel par TRE a permis la compréhension de la structure et du fonctionnement de l'alimentation de l'épikarst. Les modèles géostatistiques 3D ont montré leur efficacité pour la caractérisation de l'environnement de la grotte. Ces résultats aideront à proposer des conseils pour la protection du milieu environnant la grotte et ainsi pour la préservation de cette dernière.

Le 10 décembre 2015, **Tien-Chinh MAI** a soutenu son doctorat sur le sujet suivant : **Evaluation non destructive des matériaux de construction par technique électromagnétique aux fréquences radar – Modélisation et expérimentation en laboratoire.**

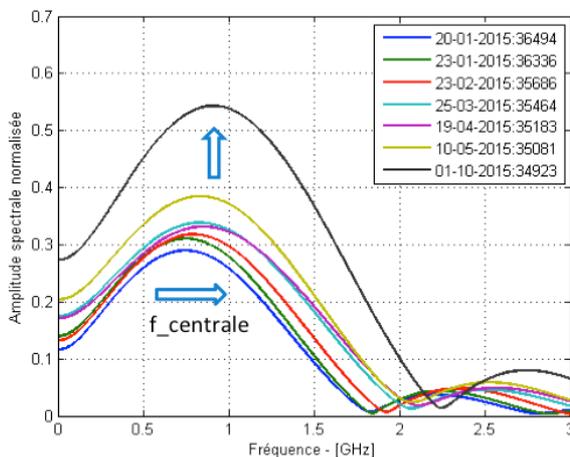
Les structures en béton armé ou en bois se dégradent sous des actions mécaniques et climatiques. Les propriétés physiques et mécaniques de ces matériaux sont liées aux conditions d'exposition et à leurs variations. L'évaluation non destructive de ces propriétés en amont des dégradations est une nécessité pour les maîtres d'ouvrages afin de prédire la durée de vie des structures dans un contexte de gestion durable du patrimoine bâti.

*Ce doctorat s'est déroulé sous l'encadrement de F. Bos et de Z-M Sbartai. Les autres membres du jury étaient J-P. Balayssac (Université de Toulouse), L. Brancheriau (CIRAD), D. Breyssse, M. Takali (IUT Egletons), F. Demontoux (Université de Bordeaux).*

La propagation d'ondes électromagnétiques aux fréquences radar a été utilisée pour évaluer les variations hydriques dans les matériaux de construction. L'objectif est double : d'une part, modéliser l'effet des variations de l'humidité dans un matériau homogène, multi-couches ou avec gradient, et d'autre part, de quantifier expérimentalement l'effet d'un gradient d'humidité sur le béton et celui de l'anisotropie sur le bois. Pour cela, un modèle analytique a été développé en se basant sur la notion des lois de mélange. Une simulation numérique 2D et 3D a permis d'apprécier l'effet d'un gradient et d'un milieu anisotrope sur la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques.

La phase expérimentale a été conduite sur un matériau modèle homogène et isotrope pour comparer les différentes méthodes de mesure de la vitesse de l'onde de surface. Une analyse fréquentielle de l'atténuation a été également étudiée pour évaluer la dispersion fréquentielle dans un milieu considéré comme homogène. La deuxième partie de l'expérimentation a consisté à soumettre un béton à un gradient d'humidité. Enfin, une campagne expérimentale sur des échantillons en bois de deux essences (Pin et Epicéa) soumis à des humidités variables entre 0 et 50% a été menée.

Spectres des signaux de l'OD enregistrés à une distance E-R de 17 cm à différentes échéances



Dépendance de l'amplitude de l'onde directe à la fréquence et au degré d'humidité

La phase de modélisation et de simulation a montré que la dispersion fréquentielle est significative seulement dans le cas d'un béton humide à forte salinité et que l'anisotropie et le gradient modifient les caractéristiques de l'onde de surface. La phase expérimentale a montré que dans le cas d'un matériau homogène, la vitesse est indépendante de la distance émetteur-récepteur, et qu'elle est variable dans le cas d'un béton soumis à un gradient d'humidité. Enfin, les essais sur le bois montrent que la partie réelle de sa permittivité est croissante en fonction de l'humidité. Le contraste de permittivité entre direction longitudinale et transversale (tangentielle ou radiale) est négligeable à l'état sec du matériau et commence à être significatif à partir de la saturation des fibres. Cela permet de privilégier la direction longitudinale à la direction transversale pour évaluer l'humidité des structures en bois.

### Lu dans la presse

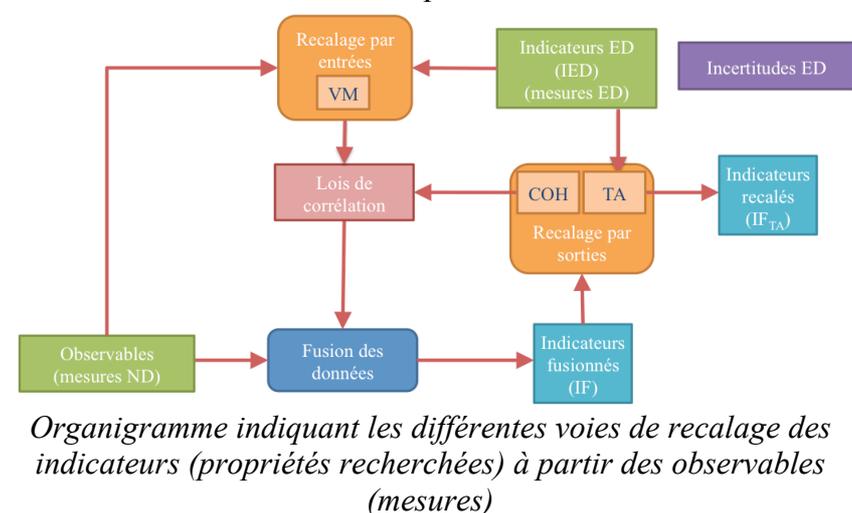
La presse technique s'est fait l'écho dans son numéro de décembre de Batijournal ( <http://batijournal.com/recommandations-professionnelles-pour-les-reparations-et-renforcements-a-la-resine/90744> ) des travaux menés dans le cadre de la thèse de Julie LARTIGAU sur le renforcement des ouvrages en bois par goujons collés, utilisant les avancées les plus récentes en modélisation de la rupture du bois.

Le 4 décembre 2015, **Carolina GOMEZ-CARDENA** a soutenu son doctorat sur le sujet suivant : **Méthodologie de traitement de fusion des mesures de contrôle non destructif pour renforcer la qualité du diagnostic des structures en béton**

Les méthodes de contrôle non destructif (CND) sont essentielles pour estimer les propriétés du béton (mécaniques ou physiques) et leur variabilité spatiale. Elles constituent également un outil pertinent pour réduire le budget d'auscultation d'un ouvrage d'art. La thèse s'est déroulée dans le cadre du projet ANR EvaDéOS dont l'objectif est d'optimiser le suivi des ouvrages de génie civil en mettant en oeuvre une maintenance préventive afin de réduire les coûts. Il s'agit, pour caractériser au mieux une propriété particulière du béton (ex : résistance mécanique, porosité, degré de Saturation, etc.), avec des méthodes ND sensibles aux mêmes propriétés, de développer des outils objectifs permettant de rationaliser une campagne d'essais sur les ouvrages en béton armé.

Ce doctorat s'est déroulé sous l'encadrement conjoint de Z-M. Sbartai (I2M-GCE), J-P. Balayssac (Université de Toulouse) et de V. Garnier (Université d'Aix-Marseille). La soutenance s'est déroulée à Toulouse où la doctorante était inscrite, mais Carolina a séjourné dans les trois établissements pendant son doctorat. Les autres membres du jury étaient J-P Gallias, (Univ. Cergy-Pontoise), C. Curt (IRSTEA), F. Schoefs (Univ. Nantes).

Un outil d'échantillonnage spatial optimal a d'abord été proposé pour réduire le nombre de points d'auscultation. L'algorithme le plus couramment employé est le recuit simulé spatial (RSS). Cette procédure est régulièrement utilisée dans des applications géostatistiques, et dans d'autres domaines, mais elle est pour l'instant quasiment inexploitée pour des structures de génie civil. Une amélioration de la méthode d'optimisation de l'échantillonnage spatial (MOES) originale inspirée du RSS et fondée sur la corrélation spatiale a été développée et testée dans le cas d'essais sur site avec deux fonctions objectifs complémentaires : l'erreur de prédiction moyenne et l'erreur sur l'estimation de la variabilité. La méthode est décomposée en trois étapes. La corrélation spatiale des mesures ND est d'abord modélisée par un variogramme, puis la relation entre le nombre de mesures organisées dans une grille régulière et la fonction objectif est déterminée en utilisant une méthode d'interpolation spatiale appelée krigeage. Enfin, on utilise l'algorithme MOES pour minimiser la fonction objectif en changeant les positions d'un nombre réduit de mesures ND et pour obtenir finalement une grille irrégulière optimale. afin de prélever un nombre limité de carottes est important.



Des essais destructifs (ED) sont nécessaires pour corroborer les informations obtenues par les mesures ND. En raison du coût ainsi que des dégâts possibles sur la structure, un plan d'échantillonnage optimal.

Pour ce faire, une procédure utilisant la fusion des données fondée sur la théorie des possibilités et développée antérieurement, permet d'estimer les propriétés du béton à partir des ND. Par le biais d'un recalage nécessitant des ED réalisés sur carottes, elle est étalonnée.

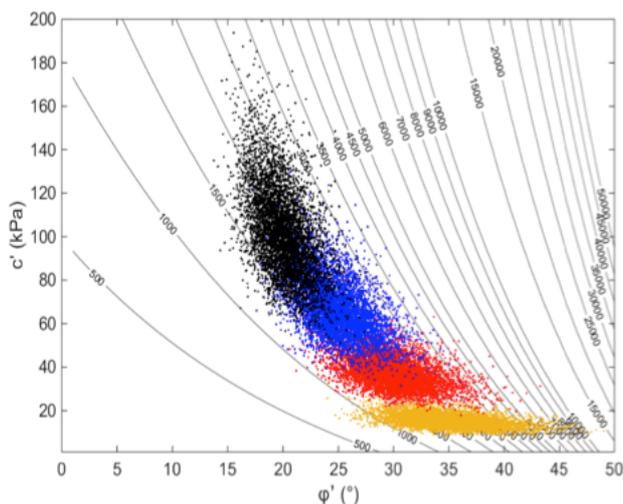
En sachant qu'il y a une incertitude sur le résultat des ED réalisés sur les carottes, on a pris en compte cette incertitude en la propageant au travers du recalage sur les résultats des données fusionnées. On obtient ainsi des valeurs fusionnées moyennes par point avec un écart-type. On peut donc proposer une méthodologie de positionnement et de minimisation du nombre nécessaire de carottes pour ausculter une structure par deux méthodes : la première, en utilisant le MOES pour les résultats des propriétés sortis de la fusion en chaque point de mesure et la seconde par la minimisation de l'écart-type moyen sur la totalité des points fusionnés, obtenu après la propagation des incertitudes des ED. Enfin, nous avons aussi testé les apports des réseaux de neurones comme méthodes alternatives à la fusion pour leur pertinence et leur simplicité d'utilisation.

Le 17 décembre 2015, **Nicolas PIEGAY** a soutenu son doctorat sur le sujet suivant : **Optimisation multi-objectif et aide à la décision pour la conception robuste : application à une structure industrielle sur fondations superficielles**

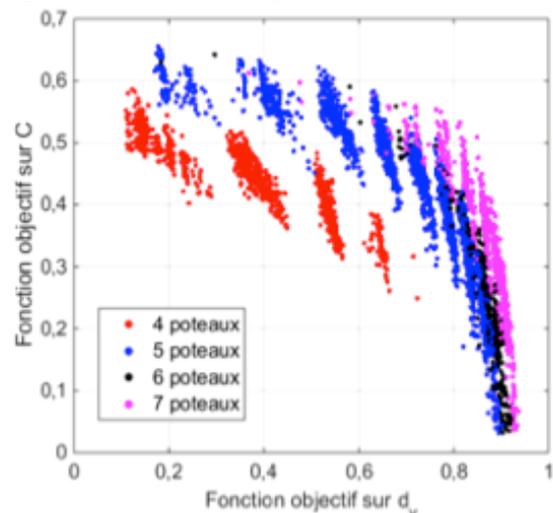
La conception des ouvrages en Génie Civil se fait habituellement de manière semi-probabiliste en employant des valeurs caractéristiques auxquelles sont associées des facteurs partiels de sécurité. Toutefois, de telles approches ne permettent pas de garantir la robustesse de l'ouvrage conçu vis-à-vis des sources d'incertitudes susceptibles d'affecter ses performances au cours de sa réalisation et de son fonctionnement.

Ce doctorat s'est déroulé dans le cadre du Projet SOLR2 soutenu par la Région Aquitaine, sous l'encadrement de R. Fabre et de H. Niandou. Les autres membres du jury étaient D. Breysse, O. Deck (Ecole des Mines de Nancy), A. El Hami (INSA de Rouen), N. Perry, A-H. Soubra (Univ. Nantes), M. Coudrais (ASTF).

Nous proposons dans ce mémoire une méthodologie d'aide à la décision pour la conception robuste des ouvrages qui est appliquée à une structure métallique reposant sur des fondations superficielles. La conception de cet ouvrage est conduite en intégrant le phénomène d'interaction sol-structure qui implique que les choix de conception faits sur la fondation influencent ceux faits sur la structure supportée (et réciproquement). La démarche de conception proposée fait appel à des outils d'optimisation multi-objectif et d'aide à la décision afin d'obtenir une solution qui offre le meilleur compromis entre l'ensemble des préférences énoncées par le décideur sur chaque critère de conception.



*Effet des corrélations entre cohésion et angle de frottement sur la capacité portante d'une semelle de fondation*



*Illustration du front de Pareto des solutions optimales dans les deux dimensions déplacement vertical / coût*

Des analyses de sensibilité ont été menées parallèlement dans le but d'identifier et de quantifier les sources d'incertitude les plus influentes sur la variabilité des performances de l'ouvrage. Ces sources d'incertitude représentées sous une forme probabiliste sont intégrées dans la procédure de conception et propagées à l'aide d'une méthode d'échantillonnage par hypercube latin. Une partie de ce travail est consacrée à l'analyse des effets de l'incertitude relative à la modélisation des paramètres géotechniques sur la réponse de l'ouvrage et sur la démarche plus globale d'optimisation.

## Nos visiteurs

- Début décembre, Fethi HAMZAOU, de l'Univ. de Tlemcen, nous a rendu visite pendant quelques jours pour poursuivre ses travaux avec Franck Taillandier sur les simulations multi-agent pour simuler les risques de projet.
- Du 18 au 22 janvier, Myriam Chaplain a accueilli Bachir REDJEL, professeur au département de génie civil de l'Univ. D'Annaba - Algérie, pour faire le point sur la thèse en co-encadrement de Abbas REMADNIA (soutenance prévue fin 2016) et aussi d'étudier d'éventuelles opportunités de collaboration sur des travaux de recherche.
- Du 22 janvier au 19 février, C. Sirieix a accueilli le Professeur J-L. FERNANDEZ-MARTINEZ de l'Université d'Oviedo (modélisation, inversion, incertitude en géophysique). Notre hôte en a profité pour travailler avec Denys Breysse sur les questions d'inversion et d'identification des paramètres de modèles en CND pour le béton armé.
- Le 1 Février, S.M. Elachachi a reçu la visite de Pr Motoi YASUMURA de l'université de Shizuoka (Japon). Elle avait pour objet la soutenance de Y. Verdret et également faire le point sur le montage d'un projet de collaboration.

## Les thèses qui démarrent ou se poursuivent

Si des doctorants viennent d'arriver au terme de leur parcours de trois ans, d'autres ont tout juste commencé ce parcours. Sept doctorants se sont récemment engagés dans leurs travaux de thèse :

→ Mohamed Bensalem, doctorant sur le sujet « *Suivi des mouvements d'humidité dans des matériaux poreux de la construction par imagerie térahertz. Application au séchage du bois et au béton soumis à un incendie.* ». Il travaille sous la direction de Christophe Pradere (I2M-TREFLE) et est co-encadré par Jean-Christophe Mindeguia.

→ Ghina Darwich, doctorante sur le sujet « *Modélisation du comportement géo-mécanique d'une conduite de transfert en contexte incertain* », en partenariat avec le VEDIF Ile de France. Elle travaille sous la direction de Sidi Mohammed Elachachi et sera co-encadrée par Humberto Yanez-Godoy.

→ Cécile Verdet, doctorante sur le sujet « *Caractérisation multi-échelle du milieu karstique non saturé* » travaille sous la direction de Colette Sirieix et de Yannick Anguy (I2M-TREFLE).

→ Guillaume Lorette, doctorant sur le sujet « *Pour une meilleure gestion et protection de la ressource en eau karstique. Etude de l'hydrosystème complexe des sources de*

*Toulon* » est encadré par Alain Denis, Roland Lastennet et de Nicolas Peyraube.

→ Edouard Sorin, doctorant sur le sujet « *Fissuration en mode mixte dans les matériaux biosourcés de la construction : diagnostic et évaluation des méthodes de renforcement* ». Il travaille sous la direction de Jean-Luc Coureau.

→ Nesrine Ayari, doctorante sur le sujet « *Caractérisation mécanique de l'arbre sur pied: méthode statique* » est encadrée par Stéphane Morel dans le cadre du projet QUALIPIN.

→ Valentin Makroma, doctorant sur le sujet « *Analyse multicritère et caractérisation structurale des produits d'Ingénierie des bois tropicaux du bassin du Congo: cas des panneaux de contre-plaqués* ». Il travaille sous la direction de Denys Breysse et de Régis Pommier. Sa thèse se déroule en cotutelle avec l'Université de Yaoundé (Cameroun) sous l'encadrement de L. M. Ayina Ohandja et R. Oum Lissouck.

Les doctorants de deuxième année ont largement participé le 23 mars à la **journée de l'école doctorale**. Ont ainsi été présentés les travaux de Thi Thuy Phuong TRAN (sur la gestion des risques dans les projets de construction), d'Agnès ZAMBON ( sur la formulation et la caractérisation d'un béton allégé à base de sédiments marins, coll. Balineau S.A.), d'Antoine BONIFACE (sur la reconstitution de profils 3D de fissures dans le béton par émission acoustique), d'Alexia ESTE (sur la simulation de l'endommagement d'interface dans des composites à matrice fragile) et d'Abdelhammid MOKEDDEM (sur la modélisation de l'interaction sol-structure pour des écrans retenant un sol hétérogène).

Trois étudiants préparent aussi leur Master Recherche dans le cadre d'un stage au département :

Cédric Perez travaille sur la « *Modélisation thermo hydro mécanique d'un panneau GLT* », encadré par Philippe Galimard

Vincent Venzal travaille à la « *Modélisation par éléments discrets des structures maçonnées* », encadré par Stéphane Morel et Alain Popinet (AIA Ingénierie)

Vianny Sivelles est encadré par Antoine Marache sur la « *Modélisation des risques de chutes de blocs rocheux* ».

## Tutelles et structures d'évaluation

Le Conseil National des Universités jouent un rôle important dans l'évaluation de la recherche. Les comités du CNU, pour chacune des sections disciplinaires, statuent ainsi sur les dossiers de qualifications (maîtres de conférences et professeurs), de promotion, de primes d'excellence scientifique (PES) et sur le suivi des carrières. Trois membres du Département viennent d'être élus ou nommés dans ces comités : Colette SIRIEIX en Section CNU 36 (géodynamique des enveloppes supérieures, paléobiosphère), Stéphane MOREL et Denys BREYSSE en Section CNU 60 (mécanique, génie mécanique, génie civil).

# L'agenda des chercheurs

## Novembre 2015

→ Le 10, G. Lorette, N. Peyraube, A. Denis et R. Lastennet se sont rendus à la mairie de Périgueux (24) pour la réunion de lancement du travail de thèse de G. Lorette en présence des partenaires et co-financeurs du projet Région (porteur R. Lastennet) : l'Agence de l'Eau Adour Garonne, Suez Environnement, la Ville de Périgueux, le Conseil Général de Dordogne. Ce projet porte sur **l'étude des sources karstiques du Toulon**, seules ressources en eau de la ville de Périgueux (55000 abonnés).

→ Les 12 et 13, S-M. Elachachi, J.F. Lataste et S. Morel ont participé à l'assemblée générale annuelle du **Réseau CMI-Figure** qui s'est déroulée à l'Université Pierre et Marie Curie. Rappelons que le département GCE est partie prenante dans deux **CMI (Cursus de Master Ingénierie)** : « **Ingénierie Géologique et Civile** » et « **Ingénierie Mécanique, Génie Civil et Energétique** », qui ont démarré avec des étudiants de première année en septembre 2015.

## Décembre 2015

→ Le 3 J. Riss a participé à la séance technique du CFMR (Comité Français de mécanique des Roches) et, à cette occasion, a remis le Prix Pierre Londe aux deux lauréats du concours (<http://www.cfmr-roches.org/prix-pierre-londe>)

→ Le 8, Réunion GMO (Groupe Maîtrise d'Ouvrage) de Lascaux à la DRAC Aquitaine. R. Lastennet, P. Malaurent, N. Houillon et A. Denis ont représenté le Laboratoire et ont fait une synthèse des résultats des mesures inédites réalisées en 2015 à Lascaux en vue du futur Conseil Scientifique de la Grotte.

→ Le 10, J. Riss a assuré à l'Ecole des Mines de Nancy la présidence du jury de thèse de A-T Nguyen sur le sujet de la « **Prise en compte des incertitudes dans l'analyse de stabilité des déblais rocheux** ».

→ Le 10, S-M. Elachachi a participé à Nantes au jury de thèse de R. Décatoire sur le sujet suivant « **Optimisation of Inspection Plans for Structures Submitted to a Stochastic Degradation Context: Application on RC Structures** ». S-M. El Achachi était co-directeur de ce travail avec le Pr. F. Schoefs (Université de Nantes)

→ Le 14, S-M. Elachachi a été rapporteur de la thèse de A-M. Edjossan (Ecole des Mines de Nantes) sur le sujet suivant « **Méthodologie d'aide à la décision pour une gestion durable des risques d'origine naturelle en contexte incertain** ».

→ Le 17, J. Riss a été rapporteur de la thèse de A. Monnard (Université de Pau et des Pays de l'Adour)

sur le sujet suivant « **Comportement dans le temps de matériaux pulvérulents à l'interface support minéral/air : cas particulier des vermiculations** ».

## Janvier 2016

→ Le 12, Denys BREYSSE a, à l'invitation de Bruno Godard de l'IFSTTAR, participé à une réunion du Comité Européen Normatif (CEN) qui travaille à la **révision de la Norme EN 13791 sur l'évaluation de la résistance mécanique en place du béton**. Il s'agissait entre autres de voir comment les travaux du Comité Technique RILEM qu'il anime sur un sujet voisin pouvait alimenter les réflexions du CEN présidé par le Pr. Tom Harrison.

→ Du 25 au 27, C. Sirieix a participé à la réunion du CNU section 36 pour examiner les dossiers de qualification (MCU et Professeur).

→ Le 26, les collègues du **GEMH d'Egletons** sont venus à Bordeaux au département GCE pour discuter des premières intentions dans l'optique d'un **rapprochement des équipes de recherche**. Dans un premier temps, les discussions se sont focalisées sur les recherches en matière de bois-matériau et bois-construction. D'autres réunions en 2016 permettront d'ouvrir le champ thématique des collaborations potentielles.

→ Le 29 janvier à Budapest (Hongrie), S-M. Elachachi a participé à la réunion générale du **Projet COST TU 1406 « Quality specifications for roadway bridges, standardization at a European level (BridgeSpec) »** coordonné par Pr. José Matos de l'Université de Minho.

→ Amadou Ndiaye a participé avec Jean-Michel Carnus au **kick-off meeting du projet H2020 ERIFORE**, organisé par le VTT, qui s'est tenu du 19 au 30 janvier 2016 à Espoo (Helsinki, Finlande). Le projet ERIFORE vise à **développer une infrastructure de recherche européenne dans le domaine de la bioéconomie forestière circulaire**.

## Février 2016

→ Les 1<sup>er</sup> et 2, P. Malaurent, N. Houillon et R. Lastennet se sont rendus à Paris au Ministère de la Culture pour participer au **conseil scientifique de la Grotte de Lascaux** présidé par Mr Yves Coppens. N. Houillon a exposé ses résultats de travaux de thèse concernant la dynamique du CO<sub>2</sub> dans la cavité et l'impact du pompage de l'air sur la conservation des parois ornées. Ce travail a été salué par l'ensemble du conseil et débouchera sur la prise de décisions très importantes pour la gestion du site.

→ Christophe Fernandez, Cédric Baudrit et Amadou Ndiaye ont participé au **kick-off meeting du projet IDEFI-N AgreenCamp** qui s'est tenu le 4 février à Paris. AgreenCamp est un projet Initiatives d'excellence en formations innovantes numériques.

→ Le 9, M. Chaplain a présenté le projet DVDM (Durée de Vie et fiabilité des éléments structuraux bois sous environnement climatique variable – Diagnostic – Maintenance) - projet déposé à l'AAP 2016 du Conseil Régional d'Aquitaine - devant la commission de labellisation du pôle Xylofutur (Commission DAS 1 : la transformation et l'utilisation du bois en produits et matériaux). La Labellisation a été approuvée

→ Le 9, R. Lastennet, A. Denis et N. Peyraube se sont rendus à l'antenne de Bordeaux du BRGM afin de poursuivre le montage d'un grand projet de recherche sur les Karsts de bordure du Bassin Aquitain, pour lequel un post-doc et deux thèses sont envisagées, en partenariat avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, la région Aquitaine et plusieurs départements.

→ Le même jour, Jean-François LATASTE participait à Bordeaux à une journée de restitution des travaux qu'il a conduits dans un cadre pluridisciplinaire (histoire, archéologie, géophysique...) sur le site de l'église Saint Seurin de Bordeaux. Son exposé portait en particulier sur l'emploi du georadar autour de la crypte.

→ Le 11, M. Chaplain a assisté au RDV prévention de l'AQC (Agence Qualité Construction) sur le thème « bois + eau = danger ».

→ P. Malaurent et J. Riss ont donné un cours intitulé « *Cours préparatoire à la climatologie : initiation aux statistiques et exploitation des données sous Excel* » du 10 au 12 février 2016 à l'INP à Paris (Institut national du Patrimoine).

## Le banc de structure pour une expérimentation en vraie grandeur



Les 16 et 17 décembre, ont été réalisés les essais de flambement de mur en CLT, dans le cadre du projet INEF4 Bois5+ (collaboration Nobatek I2M-GCE).

L'intérêt du CLT est d'homogénéiser les propriétés du composant, du fait du grand nombre de lamelles constituant le panneau. L'essai de compression sur des murs vise à obtenir la charge critique au flambement des parois. Cette expérience a demandé un temps de préparation d'environ six mois, de façon à limiter les imperfections liées aux dimensions de l'essai de grande dimension. Les travaux se sont appuyés sur les compétences technologiques de P. Taris, B. Solbes, O. Lagardère et S. Matéo



## Journées Scientifiques du GdR Sciences du Bois

Du 4 au 6 novembre 2015 se sont tenues à Clermont-Ferrand les **4èmes Journées Scientifiques du GDR Sciences du Bois**, co-organisées par nos collègues de Clermont-Ferrand, d'Egletons et Limoges. Le département y était largement représenté et nos travaux ont fait l'objet de quatre communications :

**Hoballah M.H.**, Michaud F., **Ndiaye A.**, Irle M., Developing new and innovative design principles using Innovation technique

Michaud F., **Hoballah M.H.**, **Ndiaye A.**, Irle M., **Moreau J.**, **Delisée C.**, Optimisation multi-objectif d'un isolant à base de fibres de bois

**Baudrit C.**, Elaichouchi A., **Fernandez C.**, **Ndiaye A.**, **Modélisation** de la bioraffinerie lignocellulosique bois

**Cointe A.**, **Coureau J.L.**, **Morel S.**, Desfossez P., Danjon F., Garrigou D., Bonnefond J.M., Comportement sol-structure – application au treuillage d'un arbre.

**La cinquième édition des journées du GdR est d'ores et déjà programmée : elles se tiendront à Bordeaux et nous aurons le plaisir de les accueillir, en collaboration avec nos partenaires du site, du 8 au 10 novembre 2016. Myriam Chaplain est la cheville ouvrière du comité d'organisation et le groupe local s'est déjà réuni à plusieurs reprises pour préparer des journées réussies.**

# Publications

- Mai T.C., Razafindratsima S., Sbartai Z.M., Demontoux F., Bos F.,** Non Destructive Evaluation of Moisture Content of Wood Material at GPR frequency. *Construction and Building Materials*, Vol. 77, pp. 213-217, DOI 10.1016/j.conbuildmat.2014.12.030, 2015.
- Dourado N., De-Moura M.F.S., **Morel S.,** Morais J., Wood fracture characterization under mode I loading using the three-point-bending test. Experimental investigation of *Picea abies* L. *International Journal of Fracture*, Vol. 194, pp. 1-9, DOI 10.1007/s10704-015-0029-y, 2015.
- Xenos D., Grégoire D., **Morel S.,** Grassi P., Calibration of nonlocal models for tensile fracture in quasi-brittle heterogeneous materials. *Journal of Mechanics and Physics of Solids*, Vol. 82, pp. 48-60, 2015.
- Grazide C., Cointe A., Coureau J.L., Morel S., Dumail J.F.,** Wood heterogeneities and failure load of timber structural elements: a statistical approach. *Wood Science and Technology*, Vol. 49, pp. 421-440, DOI 10.1007/s00226-015-0706-z, 2015.
- Lartigau J., Coureau J.L., Morel S., Galimard P.,** Maurin E., Mixed mode fracture of glued-in rods in timber structures. A new approach based on equivalent LEFM. *International Journal of Fracture*, Vol. 192, pp. 71-86, DOI 10.1007/s10704-014-9986-9, 2015.
- Lartigau J., Coureau J.L., Morel S., Galimard P.,** Maurin E., Effect of temperature on the mechanical performance of glued-in rods in timber structures. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, Vol. 57, pp. 79-84, DOI doi:10.1016/j.ijadhadh.2014.10.006, 2015.
- Minvielle S., Lastennet R., Denis A., Peyraube N.,** Characterization of karst systems using Sic-Pco2 method coupled with PCA and frequency distribution analysis. Application to karst systems in the Vaucluse county (Southeastern France). *Environmental Earth Sciences*, Vol. 74, No. 12, pp. 7593-7604, DOI 10.1007/s12665-015-4389-4, 2015.
- Taillet E., Lataste J.F., Rivard P., Denis A.,** Characterization of discontinuities inside massive concrete structures with normal dc resistivity logging. *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 120, pp. 69-80, DOI 10.1016/j.jappgeo.2015.06.005, 2015.
- Fernandes M., Denis A., Fabre R., Lataste J.F., Chretien M.C.,** In situ study of the shrinkage-swelling of a clay soil over several cycles of drought-rewetting. *Engineering Geology*, Vol. 192, pp. 63-75, DOI 10.1016/j.enggeo.2015.03.017, 2015.
- Kristiawan M., Chaunier L., Della-Valle G., **Ndiaye A.,** Vergnes B., Modeling of starchy melts expansion by extrusion. *Trends in Food Science & Technology*, DOI 10.1016/j.tifs.2015.11.004, 2015.
- Saliba J.,** Loukili A., Regoin J.P., Grégoire D., Verdon L., Pijaudier-Cabot G., Experimental analysis of crack evolution in concrete by the acoustic emission technique. *Fracture and Structural Integrity*, pp. 331-339, 2015.
- Grégoire D., Verdon L., Lefort V., Grassl P., **Saliba J.,** Regoin J.P., Loukili A., Pijaudier-Cabot G., Mesoscale analysis of failure in quasi-brittle materials: comparison between lattice model and acoustic emission data. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, Vol. 39, No. 15, pp. 1639-1664, DOI 10.1002/nag.2363, 2015.
- Abbal P., Sablayrolles J.M., Matzer-Lober E., Boursiquot J.M., **Baudrit C.,** Carbonneau A., A Decision Support System for Vine Growers Based on a Bayesian Network. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, DOI 10.1007/s13253-015-0233-2, 21 p., 2015.
- Saliha N., Fadili A., Mehdi K., **Riss J.,** Étude de l'évolution de l'intrusion marine dans l'aquifère de la Chaouia côtière. *Journal of Scientific Association for Water Information Systems*, Vol. 1, 2015.
- Pommier R.,** Grimaud G., Princaud M., Perry N., Sonnemann G., Comparative environmental life cycle assessment of materials in wooden boat ecodesign. *International Journal of Product Lifecycle Management*, Vol. 21, No. 2, pp. 265-275, DOI 10.1007/s11367-015-1009-1, 2016.
- Fadili A., Saliha N., Mehdi K., **Riss J.,** Makan A., Boutayeb K., Guessir H., Hydrochemical features and mineralization processes in coastal groundwater of Oualidia, Morocco. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 116, pp. 233-247, DOI 10.1016/j.jafrearsci.2016.01.014, 2016.
- Saliha N., Fadili A., Mehdi K., **Riss J.,** Makan A., Guessir H., Salinization process and coastal groundwater quality in Chaouia, Morocco. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 115, pp. 17-31, DOI 10.1016/j.jafrearsci.2015.12.010, 2016.

**Homsy F.**, Balay J.M., Bodin D., **Breysse D.**, Yotte S., Estimating Truck Aggressiveness Using a Multilinear Fatigue Model and a Viscoelastic Pavement Model. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 142, No. 2, DOI 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000811, 2016.

**Taillandier F.**, Taillandier P., Hamzaoui F., **Breysse D.**, A new agent-based model to manage construction project risks – application to the crossroad of Bab El Karmadine at Tlemcen. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, DOI 10.1080/19648189.2015.1134675, 2016.

**Oum Lissouk R.**, **Pommier R.**, **Breysse D.**,

Ayina-Ohandja L.M., Dong A Mansié R., Clustering for preservation of endangered timber species from the Congo basin forest. *Journal of Tropical Forest Science*, Vol. 28, No. 1, pp. 78-94, 2016.

Lafond C., Blanchet P., Landry V., **Galimard P.**, Ménard S., The effects of acrylate impregnation of black spruce timber as connectors strength. *Bioresources*, Vol. 11, No. 1, pp. 1753-1764, 2016.

**Phan N.A.**, **Morel S.**, **Chaplain M.**, Mixed-mode fracture in a quasi-brittle material: R-curve and fracture criterion - Application to wood. *Engineering Fracture Mechanics*, DOI 10.1016/j.engfracmech.2016.02.006, 2016.

### Communications dans des conférences internationales, nationales et colloques

**Phan N.A.**, **Chaplain M.**, **Morel S.**, Simulation of crack propagation in mode I of wood by integrating the rapid variation of moisture content into a new cohesive zone model. *12ème Colloque National en Calcul des Structures*, Giens, France, 18-22 mai, 4 pages, 2015.

**Gangnant A.**, **Saliba J.**, La Borderie C., **Morel S.**, Mesoscale modelling of concrete quasi-brittle behaviour. *IVèmes International Conference on Computational Modeling of Fracture and Failure of Materials and Structures CFRAC*, Cachan, France, 3-5 juin, 2015.

**Bisoffi-Sauve M.**, **Morel S.**, Dubois F., Mixed mode fracture of mortar joints in masonry structures. *IVèmes International Conference on Computational Modeling of Fracture and Failure of Materials and Structures CFRAC*, Cachan, France, 3-5 juin, 2015.

**Phan N.A.**, Construction en bois : adaptation aux changements climatiques ? Effet des variations de l'humidité relative sur l'évolution de fissuration. *Journée des thèses des bois*, Cestas, France, 2 juillet, 2015.

**Rodney E.**, Ducq Y., **Breysse D.**, Ledoux Y., An integrated management approach of the project and project risks. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 48, No. 3, pp. 535-540, DOI doi:10.1016/j.ifacol.2015.06.136, 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing — INCOM 2015, 2015.

Villanueva J.D., **Peyraube N.**, Motelica-Heino M., Le Coustumer P., Variation of the physico-chemical condition and labile trace metals in a differing tropical wet events: The case of the Pasig River, Philippines. *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS)*, Prague, République Tchèque, 7-11 septembre, 2015.

Villanueva J.D., Le Coustumer P., Motelica-Heino M., Granger D., **Peyraube N.**, Distribution of trace metals in the surface water Bordeaux Lac, France,

*World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS)*, Prague, République Tchèque, 7-11 septembre, 2015.

**Peyraube N.**, **Lastennet R.**, **Malaurent P.**, Villanueva J.D., **Denis A.**, Natural ventilation of a cave, impacts of seasonal and diurnal temperatures variations on air exchanges. *Geological Society of America (GSA)*, Baltimore, Etats-Unis, 1-4 novembre, 2015.

**Houillon N.**, **Lastennet R.**, **Malaurent P.**, **Peyraube N.**, **Denis A.**, The dynamics of carbon dioxide in the infiltration area of a karst system: application to the lascaux cave site (France). *Geological Society of America (GSA)*, Baltimore, Etats-Unis, 1-4 novembre, 2015.

**Hoballah M.H.**, Irle M., **Ndiaye A.**, Michaud F., Economic objective: how can it be included in the design optimization?. *Méthodes d'Optimisation pour l'Agro-Biologie - MOABI*, Paris, France, 27 novembre, 2015.

**Verdret Y.**, **Elachachi S.M.**, **Faye C.**, Incertitudes et méthode performancielle – Application aux structures à ossature bois. *9ème Colloque National de l'AFPS*, Marne La Vallée, France, 30 novembre - 2 décembre, 2015.

**Chaplain M.**, Nafa Z., **Bouras F.**, Comportement de Poutres en LVL sous Chargement de Torsion Cyclique. *13th Arab structural engineering conference*, Univ. Blida, Algérie, 13-15 décembre, 8 pages, 2015.

Villain G., **Lataste J.F.**, Fares M., Balayssac J.P., **Sbartai Z.M.**, Dérobert X., Comparaison de profils de taux de saturation obtenus par plusieurs méthodes non destructives électriques et électromagnétiques. *6ème Colloque francophone sur l'auscultation des ouvrages de génie civil Diagnobéton*, Marrackech, Maroc, 25-26 mars, 8p, 2016.