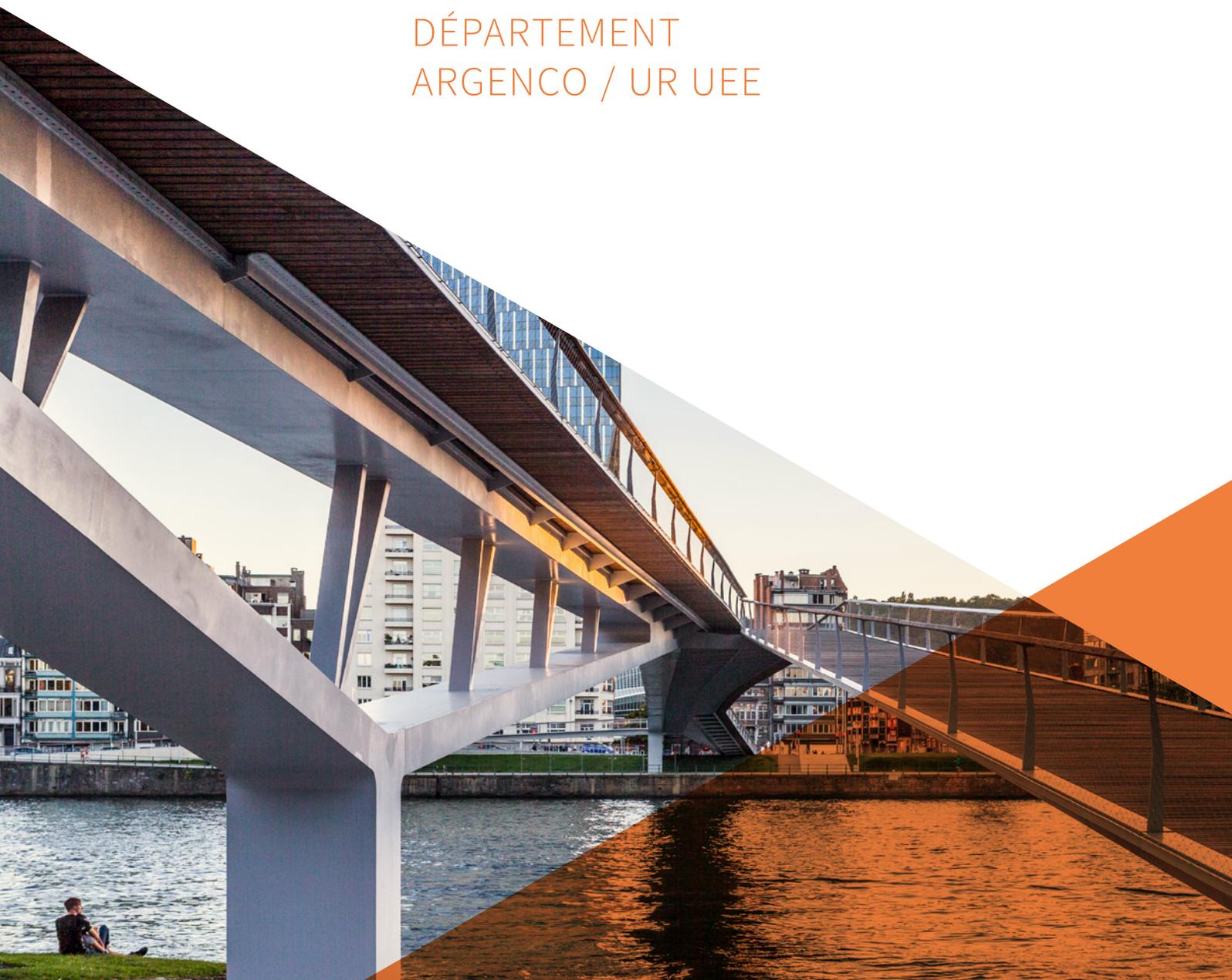
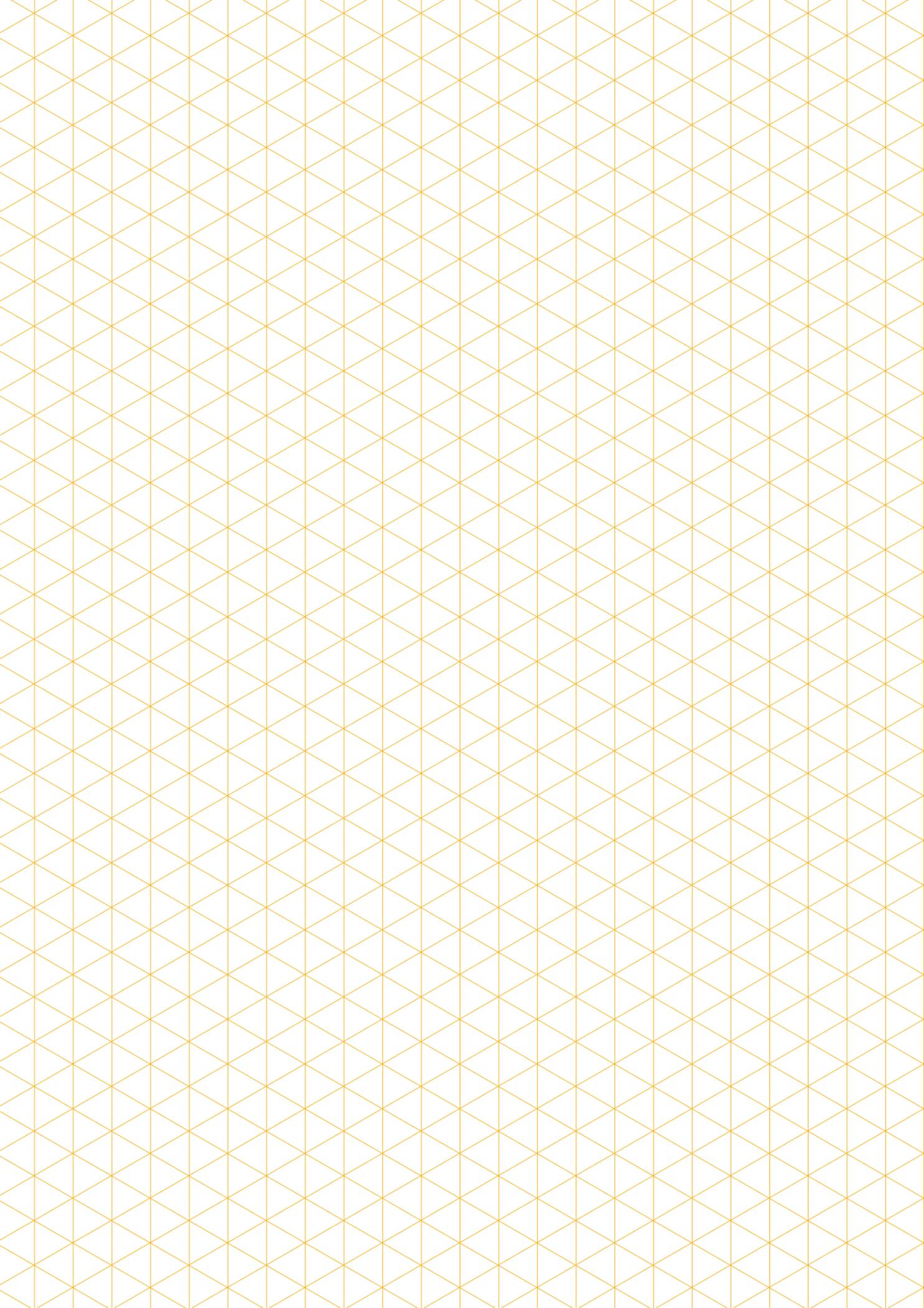


# RAPPORT D'ACTIVITÉ 2020

DÉPARTEMENT  
ARGENCO / UR UEE





*Dear Colleagues,  
Dear Partners,  
Dear Students,*

We hope that you and your closed ones remain safe and well during this difficult period of the COVID-19 crisis. We send warm thoughts to all who have been closely affected by it.

It is my pleasure that I present you the second Activity Report of the **Research Unit Urban & Environmental Engineering (UEE)** with a special focus on Research in collaboration with the industry and highlights from staff and industrial collaborators that I warmly thank for their help.

Six projects among many were selected to highlight the main Research themes of UEE: Buildings & Structures, Materials, Environment and Human activities. Altogether, the diversity in terms of scope, from innovative joint solutions for steel structures to the conversion of former industrial sites, and quality of these featured projects demonstrate the innovation and dynamism of our staff as well as their integration in renowned networks from regional to international levels.

The present report also provides up to date figures concerning our scientific publications and PhD thesis, from our core researchers who find their career paths both in the private sector as well as in public Research. It highlights the continued efforts of our Research teams in terms of impact and outreach and the strong links that is needed between Research and Industry to move the Society forward.

I hope that you will enjoy reading this report and that it will inspire you to collaborate with us. You will find more information on our research and education activities at [uee.uliege.be](http://uee.uliege.be) or by following our LinkedIn account. Finally, I would like to thank our staff and students, whose dealing of the COVID crisis has been remarkable on all fronts, from teaching to supporting ongoing research activities and helping the community.

Sincerely Yours,

*Frédéric Nguyen*

DIRECTOR OF THE **URBAN AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING** RESEARCH UNIT

# URBAN & ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## OUTLINE OF ACTIVITIES • 2020

**Urban and Environmental Engineering (UEE)** focus on natural and built environments, developing and using numerical and analytical methods, experimental models, in-situ monitoring and smart metering or collaborative tools. Here, at UEE, we connect core engineering technologies integrating a multitude of disciplines in collaboration with private and public actors to address future challenges as illustrated in the highlighted projects by tackling robustness & resilience, infrastructure rehabilitation, digital collaboration, climate change impacts, environmental risk and urban redevelopment.

It is on this cutting-edge research, of societal interest and oriented towards sustainable development, that are built our educational programmes in civil engineering, geological engineering and architectural engineering. Together, they form three intimately linked formations oriented towards sustainable solutions by engineers to future challenges rising in different types of systems ranging from building to city to underground systems.

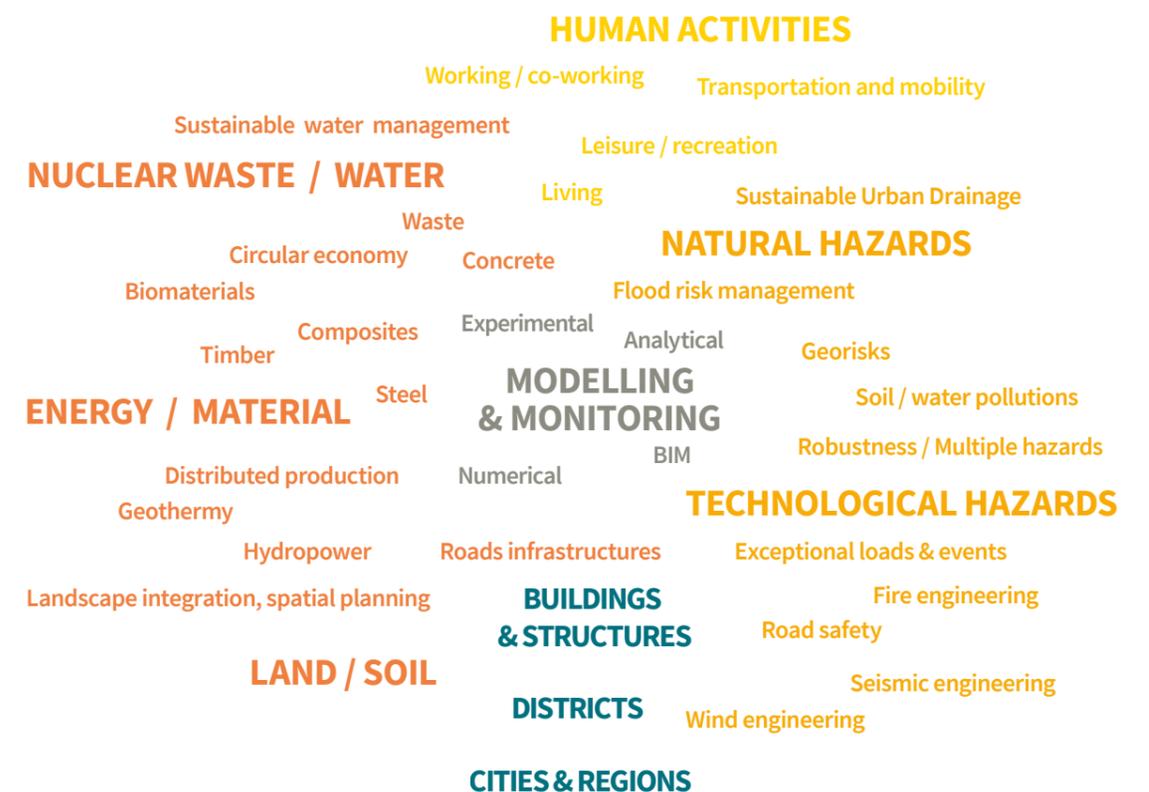
UEE provides key modeling tools and unique laboratory facilities that attract regional, national, and international collaborations for the academic, public and industrial sectors resulting annually in more than 10 million Euros of investments in R&D, 80 journal papers and 10 PhDs.

Our Research Unit is composed of 180 members, including 26 academic staff members, 113 scientific members and 30 administrative and technical staff members. Among the 113 scientific members, 98 are PhD researchers <sup>1</sup>.

## PRESENTATION OF 6 PROJECTS

*in collaboration with industry*

A core component in UEE Research lies in collaborative research with industrial partners and public entities. These links are created and strengthened through our alumni, external professors, invited seminars and overall networks. You will discover in the following pages 6 examples of such collaborative research projects through the words of our staff and our collaborators.



<sup>1</sup> Situation on March 31st 2020 (Source: ULiège ULIS database). The numbers regarding the PhD researchers are from February 2020.

# European prequalification of joint solutions for steel structures subjected to seismic actions – From research to practice

 **PROF. J.-P. JASPART (CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES ET MIXTES), DR. J.-F. DEMONCEAU (ROBUSTESSE DES STRUCTURES)**

 **ARCELORMITTAL GLOBAL R&D**

The safety, the robustness and the resilience of civil engineering structures subjected to accidental or exceptional actions such as fire, earthquake, impact, blast, etc. are nowadays topics of daily concerns in the engineering community.

In particular, with regard to seismic actions, recent catastrophic events around the world have demonstrated that research efforts are still required to improve the structural performance of constructions while guaranteeing an economic design of the latter.

According to the European design codes, the seismic design of steel structures should be based on the concept of dissipative systems, in which specific zones of the structures are identified and designed to develop plastic deformations, so dissipating the seismic energy.

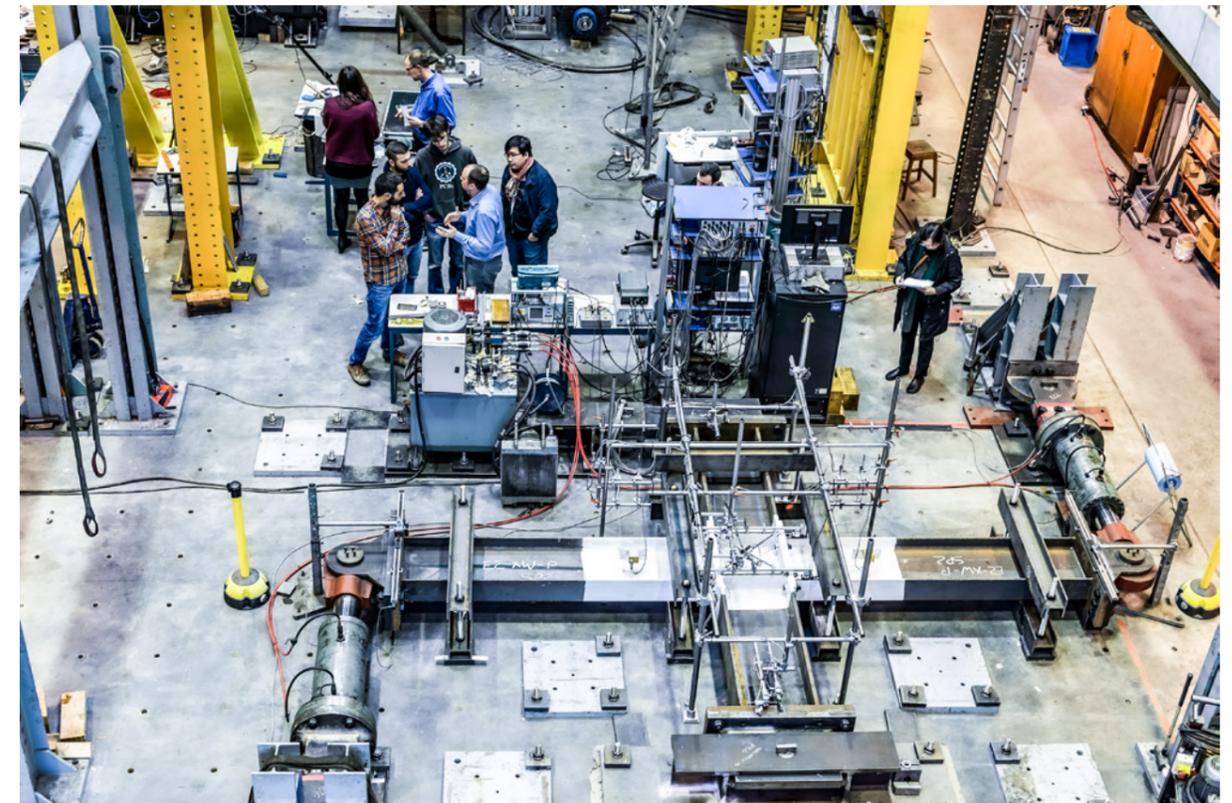
In steel moment resisting frames, the beam extremities are generally used as dissipative zones, and the beam-to-column joints are designed in order to resist to the internal forces accompanying the development of plastic hinges at the beam extremities. However, such an approach may lead to quite expensive joint solutions as possible overstrength and strain hardening effects occurring in the dissipative zones have to be taken into account when designing the non-dissipative zones.

The use of partial-strength joints as dissipative zones is allowed but, in this case, the ductility and the dissipation capacity of the joints should be demonstrated by means of experimental tests; the cost of the latter usually makes the solution unsuitable for practical projects.

For this reason, a European RFCS project named EQUALJOINTS involving academic and industrial partners and coordinated by the University of Naples Federico 2 has been launched with the objective of studying and prequalifying three types of bolted joints that are commonly used in European practice.

As partner of this project, the UEE research unit and, in particular, the steel and composite constructions research team led by Jean-Pierre Jaspert and Jean-François Demonceau has deeply contributed to the good achievement of the project objective. In particular, this research team was in charge of realising a complete test campaign on bolted beam-to-column joints subjected to quasi-static and cyclic loading, of developing a design procedure for the characterisation of these joints and finally of preparing design recommendations in full agreement with the European design codes' philosophy.

As a result, a design guide, a software and an app for mobile were developed and translated in 12 European languages bringing directly the outcomes of the EQUALJOINTS research project to the engineering practice. These design tools are made available for free on the web site of the European Convention of Constructional Steelwork (ECCS - [www.steelconstruct.com/eu-projects/equaljoints](http://www.steelconstruct.com/eu-projects/equaljoints)). In addition, a European technical committee is nowadays working for the implementation of these design recommendations in the future version of the European design codes.



**Nicolas Labeye (UEE) est automaticien de formation. Depuis 2014, il travaille comme technicien au Laboratoire de Mécanique des Matériaux et Structures.**

*L'étude théorique d'un phénomène est toujours le fruit d'une vision simplifiée de celui-ci. Lors des mises en œuvre de tests au laboratoire, nous sommes confrontés à la gestion d'un tas de paramètres additionnels, qui n'étaient pas nécessairement prévus au départ, et nous devons réfléchir à des solutions avec le matériel disponible, afin d'atteindre les objectifs fixés par les collègues ingénieurs qui ont conçu le test. Notre laboratoire se distingue par sa capacité à réaliser de grosses campagnes d'essais (24 spécimens dans le cadre du projet EQUALJOINTS), cela notamment grâce à du matériel très performant.*



**Renata OBIALA (Arcelor Mittal, Head of Construction and Infrastructure Applications Dept., ArcelorMittal Global R&D, Luxembourg)**

*Design for seismic action is particularly challenging and associated with an extra responsibility for safety of people. Steel is an optimal material in this case and it is our obligation to ensure that it is properly used. For this reason, ArcelorMittal was a partner in the project "Equaljoints", in which pre-defined solutions for joints acting in seismic situation were investigated. Participation of the UEE research unit of the University of Liege was essential to the project's outcome and crucial to guarantee the necessary expertise and state-of-the-art knowledge. Involvement of Prof. Jean-Pierre Jaspert and Prof. Jean-François Demonceau provided high level of credibility to the projects, to the obtained results and to the developed guidelines for practitioners.*

# BIMEXPO

**PROF. PIERRE LECLERCQ (LUCID - LAB FOR USER COGNITION & INNOVATIVE DESIGN)**

**ANABELLE RAHHAL**

**CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION ET LE CENTRE D'EXCELLENCE EN TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION**

Jusqu'à présent, le secteur de la construction était plutôt caractérisé par une mutation lente comparativement à d'autres secteurs industriels mais, aujourd'hui, il est frappant de constater une accélération de la transformation digitale. Celle-ci puise son origine dans différents facteurs :

- L'évolution des attentes de la maîtrise d'ouvrage pour des produits sur mesure avec des niveaux de services très élevés
- L'émergence de nombreux outils digitaux proposés sur le marché : logiciels spécialisés (BIM, VR/AR, etc.), capteurs (IoT, drones, etc.), dont l'efficacité a augmenté au cours des dernières années grâce notamment à un environnement entrepreneurial en plein essor.

Conscient de ces enjeux, TP HOLDING entreprend un projet ambitieux pour déployer une démarche digitale cohérente sur l'ensemble des entités du groupe en articulant deux de ses objectifs majeurs : les futures 'attentes' du client et la productivité de l'entreprise.



Cette étude, toujours en cours de réalisation, comprend la réalisation d'un audit au sein de l'entreprise concernant l'activité des acteurs principaux concernés par le projet. L'audit sera réalisé dans les diverses des entités de Thomas et Piron et prendra principalement la forme d'entretiens individuels semi-directifs. Il sera accompagné par la schématisation à la fois du processus actuel ainsi que du processus BIM projeté (workflows et dataflows) de la Salle d'Exposition de Thomas et Piron. La salle d'Exposition joue un rôle central lors des choix de matériaux des projets, ainsi que dans la transmission de l'information bâtiment aux maîtres d'ouvrages et aux divers services de production de Thomas et Piron.



**Anabelle Rahhal (UEE) est doctorante-chercheuse au sein du LUCID (Lab for User Cognition & Innovative Design) et spécialiste du BIM (Building Information Management).**

Le LUCID développe, depuis 2011, des analyses approfondies sur les processus de conception collaborative en ingénierie du bâtiment, en particulier en BIM (Building Information Modeling & Management). Dans le cadre du projet BIMEXPO, les compétences du LUCID sont sollicitées pour effectuer la prospection et l'identification des informations pertinentes et utiles à échanger entre les différentes entités de l'entreprise, pour appuyer ses activités de production (commandes, achats, devis, extractions de quantités, etc.), ainsi que pour définir le degré d'intégration de ces informations dans les maquettes numériques. Le but est d'optimiser le processus de transfert des informations entre les services, en répondant à de multiples questions telles que : De quelles informations ont besoin les différentes entités chez TP Bâtiment, TP Home, TP Reno, etc. pour mener à bien leurs activités? Quelles sont les informations, définies et validées sur les choix de conception d'un bâtiment, utiles aux autres services? Quels sont les supports documentaires utilisés? Quid de l'exploitation des maquettes BIM et de leurs données?



**Françoise Elaerts (Gestionnaire Transformation Digitale, BIM Manager certifié, Thomas et Piron, Belgique)**

De par son statut de chercheuse, Anabelle a développé des compétences sur la thématique du BIM depuis plusieurs années. Cette expérience lui a permis d'interagir rapidement avec les différents interlocuteurs au sein de T&P holding. De plus, son statut d'observatrice extérieure a permis d'enrichir la vision de T&P holding.



# Étude théorique, numérique et expérimentale du profil des seuils d'évacuateur de crues standards

 **DR. SÉBASTIEN ERPICUM (HYDRAULICS IN ENVIRONMENTAL AND CIVIL ENGINEERING, RESPONSABLE DU LABORATOIRE D'HYDRAULIQUE DES CONSTRUCTIONS)**

 **ÉLECTRICITÉ DE FRANCE (EDF), CENTRE D'INGÉNIERIE HYDRAULIQUE (CIH)**

Les évacuateurs de crue sont les principaux organes de sécurité des barrages. Ils ont pour objectif de gérer les conséquences, aussi bien en amont qu'en aval de l'ouvrage, des crues entrant dans le réservoir, tout en minimisant les risques de débordement et les conséquences souvent catastrophiques qu'une telle situation impliquerait. Les évacuateurs de crue sont en règle générale composés d'un seuil déversant en béton, éventuellement surhaussé par une vanne en acier. La géométrie du profil vertical des seuils déversant joue un rôle primordial dans leur interaction avec l'écoulement avec des impacts directs aussi bien sur les sollicitations induites sur le seuil que sur la relation entre le niveau d'eau dans le réservoir en amont et le débit évacué. Ainsi, la forme des déversoirs a fait l'objet de très nombreuses études dès les années 1890, avec un pic lors de l'âge d'or de la construction de grands barrages durant les golden sixties, conduisant fin des années 1980 à l'adoption d'un profil « standard » par la communauté des ingénieurs hydrauliciens.

Ce profil standard est dimensionné pour une crue, et donc un niveau de retenue (charge), qui correspond au maximum considéré lors du dimensionnement du barrage (crue de dimensionnement). Il garantit alors que, pour toute crue à laquelle ferait face l'ouvrage au cours de sa durée de vie, les pressions exercées par l'écoulement sur le seuil seront supérieures ou égales à la pression atmosphérique (pas de risque de cavitation) et que le niveau de retenue sera minimal.



Aujourd'hui, face à l'allongement de la durée de vie des grands barrages, qui atteignent en moyenne en Europe et en Amérique du Nord 50 ans d'âge, face à l'urbanisation croissante des bassins versants, et face enfin au changement climatique, la probabilité de voir les évacuateurs de crue existants soumis à des crues supérieures à leur crue de dimensionnement augmente significativement. D'autre part, force est de constater que le profil de la grande majorité des évacuateurs de crue en cours d'exploitation ne respecte pas la géométrie « standard » proposée dans la littérature. Ces deux éléments, capitaux pour appréhender le niveau de sécurité des grands barrages existants, ont conduit le Centre d'Ingénierie Hydraulique (CIH) d'Electricité de France (EDF), second producteur d'électricité au niveau mondial et exploitant de 640 barrages en France, à réaliser avec le groupe de recherche en Hydraulique de l'Environnement Naturel et Construit (HECE) de l'Unité de recherche Urban and Environmental Engineering (UEE), une étude pour définir les risques liés à l'exploitation des déversoirs standards au-delà de leur charge de dimensionnement ainsi que les conséquences de la non-conformité des profils réellement réalisés au profil type recommandé dans la littérature et pour suggérer une nouvelle forme économique visant à les rendre plus robustes.

L'étude a été menée en étroite collaboration par les équipes de l'ULiège et du CIH. Elle a d'abord conduit à des avancées théoriques significatives dans la compréhension des phénomènes physiques qui régissent les écoulements à surface libre sur les déversoirs. Elle a permis par ailleurs une quantification détaillée et précise des conditions d'écoulement sur ce type d'ouvrage par la réalisation d'essais expérimentaux sur des modèles physiques à grande échelle équipés d'une instrumentation de pointe. Elle a également conduit à la comparaison systématique des résultats fournis par des codes numériques aux résultats issus du laboratoire. Les résultats de l'étude, en cours de publication dans des journaux scientifiques, ont été exploités pour quantifier et justifier les opportunités d'exploitation sécuritaire des déversoirs standards au-delà de leur charge de dimensionnement ainsi que pour identifier et quantifier les effets de solutions d'optimisation des profils non-conformes, évitant ainsi de coûteux investissements pour augmenter la capacité d'évacuateurs de crue existants.



**Sébastien Erpicum (UEE) est chargé de cours adjoint et responsable du Laboratoire d'Hydraulique des Constructions.**

*Pour un partenaire privé, confier une recherche à un laboratoire universitaire permet de se libérer du carcan d'objectif de rentabilité financière à court terme pour approfondir un sujet d'intérêt pratique. Une des forces du Laboratoire d'Hydraulique des Constructions - HECE est de mener à bien de tels travaux de recherche tout en gardant une vision pragmatique quant aux résultats obtenus. L'infrastructure et les moyens techniques dont nous disposons permettent également la réalisation d'essais de pointe. Finalement, la reconnaissance dont nous jouissons sur le plan international appuie la validité des solutions proposées.*



**Benoit Blancher, Julien Vermeulen (Ingénieurs, EDF Hydro - Centre d'Ingénierie Hydraulique, France)**

*Les compétences techniques et les moyens matériels du HECE de l'ULiège sont reconnus internationalement. Le CIH d'EDF a souhaité confier au HECE l'étude stratégique des risques associés à une surcharge des seuils standard des évacuateurs de crues pour s'assurer une étude d'une grande rigueur et d'une grande qualité et dont les conclusions ne seraient pas contestées en cas d'utilisation à des fins industrielles. Il s'agit là d'un atout indéniable pour des recherches impactant la sûreté des barrages et nécessitant l'aval des autorités de tutelle.*



*La complémentarité entre le CIH et le HECE a été particulièrement marquée et équilibrée, le CIH contribuant à la collecte de la littérature, à l'analyse sur modèle numérique 3D et la définition des incertitudes d'exécution à considérer ; le HECE apportant son expertise phénoménologique et théorique, l'analyse sur modèle physique et la recherche des optimisations. Le CIH a particulièrement apprécié les échanges ouverts qui permettent un travail en confiance, un suivi régulier de l'avancement et un partage des réorientations à envisager à la lumière des premiers résultats. Cette collaboration dure depuis plus de 15 ans et a permis des avancées techniques majeures (PKW, déversoirs standards sous forte charge, etc.) et des gains financiers conséquents sur notre parc de barrages.*

# Projet AMER-N

 **DR. SERGE BROUYÈRE (HYDROGÉOLOGIE & GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT)**

 **GEOLYS**

En Région wallonne, l'étude des risques pour les eaux souterraines occupe une place importante dans la phase de caractérisation des sites pollués. Cette étude de risque est souvent réalisée en deux étapes. Dans un premier temps, une étude simplifiée des risques de lessivage et de dispersion des polluants vers et dans la nappe d'eau souterraine est réalisée sur base d'outils de calcul simplifiés. Dans un second temps une étude plus détaillée peut être réalisée si cela s'avère nécessaire.

Un marché public de services relatif à l'amélioration de la méthodologie des études simplifiées des risques (ESR) pour les eaux souterraines dans le cadre du décret sols et à la réécriture du Guide de Référence pour l'Etude de Risques – partie C du Code Wallon de Bonnes Pratiques a été attribué à la société Geolys en partenariat avec le groupe d'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement (HGE) de l'Université de Liège (ULiège). La mission en lien avec ce marché poursuivait un triple objectif :

- améliorer la méthodologie des études simplifiées des risques (ESR) pour les eaux souterraines à réaliser dans le cadre du décret sols
- réécrire le Guide de Référence pour l'Etude de Risques – partie C du Code Wallon de de Bonnes Pratiques ;
- rédiger un descriptif fonctionnel en vue de la création d'un outil d'aide à la décision pour l'évaluation simplifiée des risques pour les eaux souterraines.

L'analyse critique de la méthodologie actuelle combinée à des tests de modélisation a permis de mettre à jour cette méthodologie en y intégrant une approche novatrice basée sur les flux de polluants tout en lui conservant son caractère pragmatique et fonctionnel pour les acteurs de terrains.



**Serge Brouyère (UEE) est chef de travaux au sein de l'équipe d'hydrogéologie. Ses recherches portent plus spécifiquement sur la qualité et la protection des eaux souterraines.**

*La plus-value apportée par l'université au projet AMER-N a été de proposer une approche novatrice pour déterminer dans quelle mesure une pollution du sol présente un risque de dégradation significative de la qualité de l'eau souterraine. Elle repose sur la quantification du flux massique de polluant vers et à travers la nappe et du volume d'eau souterraine dégradé plutôt qu'une simple évaluation des concentrations dans la nappe. Cela a résolu toute une série de problèmes conceptuels inhérents aux approches risques "classiques", qui reposent sur des dépassements de concentrations seuils et elle offre de nouvelles perspectives en matière de caractérisation des sites pollués.*



**Vincent Vandenheede (Directeur – Associé, Geolys, Belgique)**

*Dans le cadre du projet AMER-N, le groupe d'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement (HGE) de ULiège a apporté sa maîtrise scientifique des aspects liés aux eaux souterraines en Wallonie, ce qui a permis de développer la méthodologie d'évaluation des risques pour les eaux souterraines sur base d'une approche novatrice (approche flux) et de la consolider avec des simulations de lessivage et de dispersion sur des cas d'étude concrets. L'expérience de HGE dans le domaine de la vulnérabilité des ressources en eau a également été utile dans la réflexion sur des concepts fondamentaux tels que la menace grave, les risques inacceptables pour les eaux souterraines, etc. De plus, le réseau international de l'ULiège a été activé dans le cadre du projet et a enrichi l'état de l'art de l'évaluation des risques pour les eaux souterraines réalisé en début de mission.*



# Project 'A place to be-come'

 **PROF. J. TELLER (URBANISME ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE)**

 **MOHAMED EL BOUJJOUI, BERTRAND RIQUET, DR. CHRISTINE RUELLE**

 **AREBS (ASSOCIATION DE REDÉPLOIEMENT ÉCONOMIQUE DU BASSIN SÉRÉSIEEN)**

En 2005, la Ville de Seraing développait un Masterplan urbanistique afin de faire face à la désindustrialisation massive de son territoire, laissant derrière elle 200 ha de friches. En 2018, elle dresse le constat que si la mise en œuvre de cette stratégie de requalification urbaine a permis de modifier considérablement la physionomie du centre-ville, la population la plus vulnérable bénéficie encore très peu de cette dynamique positive. Le centre-ville reste en effet le quartier le plus défavorisé de la commune et l'un des plus défavorisés de l'agglomération liégeoise. La récente ouverture d'une gare à Seraing et la reconversion à venir du site du haut-fourneau 6 ont dès lors été considérées comme des opportunités à saisir pour réduire la pauvreté. Mais comment faire concrètement ? C'est l'objet de ce projet UIA que la Ville de Seraing a développé en partenariat avec une série d'acteurs susceptibles de l'aider, dont l'Université de Liège au travers d'UEE (LEMA) mais aussi de PsyNCog (Faculté de psychologie).

L'ambition des partenaires du projet est d'élaborer une stratégie de régénération urbaine qui permette de travailler conjointement au développement territorial et au développement social (à la croisée des politiques urbaines et sociales). À l'inverse d'une régénération urbaine basée sur la « gentrification » et donc l'exclusion des plus défavorisés, l'ambition est de miser sur une approche qui implique activement les habitants dans le développement de leur quartier et ce faisant, contribue à leur propre développement et à leur inclusion sociale. Dans cette démarche, territoire et habitants doivent donc pouvoir « grandir » ensemble.

L'objectif des partenaires du projet est donc de tester, in-vivo, une approche participative qui permette de réaliser cette ambition. Le projet s'inscrit donc dans une approche de type « Urban Living Lab », associant chercheurs et acteurs de terrain autour d'un terrain urbain d'expérimentation. UEE, au travers du LEMA, est responsable du WP6 ('Planifier le territoire avec et pour les citoyens') qui vise à tester de nouvelles méthodes participatives destinées non seulement à intégrer les besoins et envies des citoyens dans le cadre du projet urbain, mais aussi, de mettre à profit le potentiel d'apprentissage et de développement social associé à ce processus participatif. Il s'agit en effet de faire participer les citoyens, tout en cherchant à maximiser les retombées positives de cette participation pour les citoyens qui y prennent part: acquisition de nouvelles connaissances, développement de compétences, mise en réseau et développement de nouvelles capacités d'organisation collectives, création de nouvelles opportunités en termes d'emplois, etc. Dans cette démarche qui vise en somme une forme d'empowerment, les méthodes participatives destinées à intégrer le point de vue des citoyens dans le projet urbain sont co-construites avec eux et avec les acteurs associatifs qui servent d'intermédiaires pour impliquer différents types de publics-cibles. À plus long terme, il est également prévu de profiter de la dynamique participative pour encourager la création d'un espace partagé, une sorte de « laboratoire citoyen » logé au cœur du quartier, dans l'esprit des tiers-lieux. La forme et les objectifs de ce lieu sont également à co-construire avec les citoyens et acteurs associatifs qui seraient intéressés de pérenniser la démarche d'expérimentation urbaine et de mise en réseau des divers acteurs et citoyens du quartier.

Pour plus d'informations : [www.arebs.be/projets-pilotes/uia-a-place-to-be-come](http://www.arebs.be/projets-pilotes/uia-a-place-to-be-come)



**Christine Ruelle (UEE)** est chercheuse post-doctorante, spécialiste des questions de gouvernance et de participation en matière d'urbanisme et d'aménagement du territoire.

*Pour la Ville de Seraing, la plus-value de la collaboration avec l'ULiège et en particulier le LEMA (UEE) est de bénéficier de son expérience et de ses connaissances en matière d'implication citoyenne dans la fabrique de la ville. La démarche de recherche-action du projet devrait en outre permettre de faire évoluer durablement les pratiques de la Ville en matière de participation.*



**Julien Bebronne (Coordinateur du projet « A Place to Be Come », Arebs)**

*Un projet comme A Place to Be-Come est le fruit d'une collaboration entre différents partenaires qui gravitent autour d'un projet de ville tel que celui initié à Seraing. Le LEMA a participé à l'écriture du projet pour notamment délimiter le périmètre d'action autour de la gare et apporte aujourd'hui son expertise pour réfléchir avec les habitants à l'aménagement de leur quartier.*

# Rehabilitation and Strengthening of Bridge Piers with Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete Materials

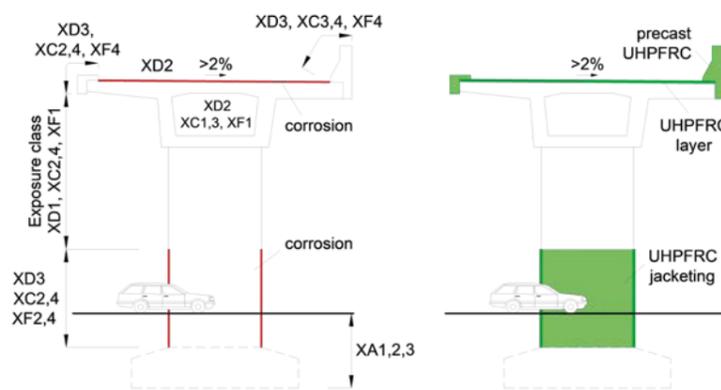
 **PROF. BOYAN MIHAYLOV (STRUCTURES EN BÉTON)**

 **RENAUD FRANSSSEN**

 **SERVICE PUBLIC DE WALLONIE, MOBILITÉ ET INFRASTRUCTURES, DÉPARTEMENT EXPERTISES STRUCTURES ET GÉOTECHNIQUE, DIRECTION DES MATÉRIAUX DE STRUCTURE**

The maintenance of the large aging infrastructure in Wallonia and across the developed world poses serious technical, environmental, and economic challenges. According to data from Service public de Wallonie (SPW), 13% of the bridges (669 structures) suffer from serious degrees of corrosion, while the resources for their rehabilitation are limited. The corrosion in concrete bridges typically occurs due to carbonation, chloride ion ingress or sulphate reaction in the most exposed zones of the bridge.

To rehabilitate these zones in a sustainable and cost efficient manner, a solution using a new generation of materials – ultra-high performance fibre-reinforced concretes (UHPFRC) with compressive strength between 150 and 200 MPa – has emerged in the past 20 years. UHPFRC materials are characterized by outstanding mechanical properties as well as high durability due to their extremely low permeability. Furthermore, a recent life cycle assessment study has shown that the retrofit of bridge decks with UHPFRC has lower global warming impact than traditional methods. This self-leveling material is cast in thin layers on the deck and around the bridge piers to protect the structure from corrosive environment and significantly extend its service life. In addition, the UHPFRC layers can be used to increase the stiffness and strength of the structure, which is often necessary due to material degradation, increased traffic loads, construction/design errors or damage due to accidental loads.

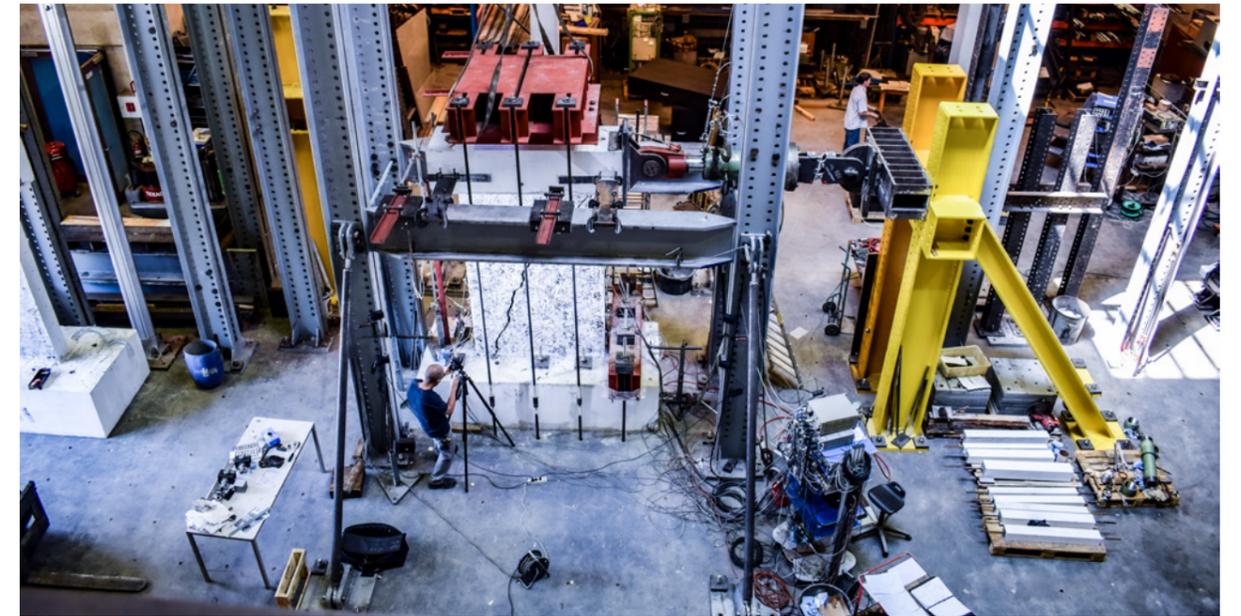


While UHPFRC layers can provide an excellent retrofit solution for bridge piers, previous research has focused mostly on the rehabilitation and strengthening of slabs and beams.

Therefore, this project is aimed at addressing these gaps in knowledge and facilitating the use of UHPFRC for the retrofit of bridges. The main objectives of the project are twofold: 1) to confirm the technological feasibility of UHPFRC for the rehabilitation and strengthening of wall-type bridge piers; 2) to develop a rational practical model for evaluating the shear resistance of piers with UHPFRC layers.

To achieve these objectives, the project will include an experimental study combined with numerical and analytical modelling of retrofitted bridge piers.

The experimental program consisted of testing to failure of four reinforced concrete wall-type bridge piers retrofitted with UHPFRC jackets. The variables of the tests were the thickness of the jackets (0, 30 mm and 50 mm), concrete surface preparation (smooth or rough) and axial load ( $n=N/bhfc=6.9\%$  or  $14\%$ ). Load-displacements curves, crack diagrams, various deformations and photographs were used to establish a complete picture of the behavior of the



walls. Due to the excellent workability of UHPFRC, the study confirmed the feasibility of casting thin and tall layers of this material on very rough concrete surfaces. Simple gravity casting was used to recover the original dimensions of the sections of the walls which had been reduced by water jetting or negative formwork.

The specimens with rough water-jetted surface showed no debonding of the UHPFRC jacket from the concrete, while the jacket of the specimen with a smooth surface proved to be ineffective due to debonding. Therefore, water-jetting is recommended for the UHPFRC retrofit of existing structures. While the reference reinforced concrete specimen failed in brittle shear, the water-jetted walls with 30 mm and 50 mm jackets reached the flexural capacity of the base section. In addition, the retrofitted walls exhibited an enhanced crack control. Therefore, UHPFRC jackets can be used to increase both the shear strength and durability of existing structures.



**Max Verstraete (UEE) est ingénieur industriel. Il travaille depuis 2002 au Laboratoire de Mécanique des Matériaux et Structures.**

*Mon travail consiste principalement en la réalisation d'essais. Cela comprend en amont l'évaluation de la faisabilité technique des essais suivi du dessin des éventuels plans de l'outillage. Viennent ensuite la conduite des essais à proprement parler et la rédaction des rapports.*

*Grâce à la taille de notre espace de travail, à notre matériel de mise en charge ainsi qu'à nos instruments de mesure, nous sommes capables d'effectuer des essais à grande échelle. Il y a une tendance à vouloir réaliser des essais avec des niveaux de chargement de plus en plus importants, que peu d'infrastructures sont à même de prendre en charge.*



**Habibou Dango (Ingénieur, Service public de Wallonie, Mobilité et Infrastructures, Département Expertises Structures et Géotechnique, Direction des Matériaux de Structure, Belgique)**

*Le Département Expertises, structures et Géotechnique du SPW collabore sur une multitude de thèmes avec l'Université de Liège depuis plusieurs décennies et c'est à ce titre que nous sommes en mesure d'apprécier sa rigueur scientifique ainsi que la maîtrise des essais réalisés par les laboratoires de l'université.*

*L'utilisation du Béton Fibré à Ultra-Hautes Performances (BFUHP) pour la réfection de nos ouvrages devrait satisfaire aux exigences de durabilité accrues que nous recherchons. Par ailleurs, si nous disposons en plus d'un modèle mécanique éprouvé pour différents types de BFUHP, nous serons alors confortés dans les calculs de conception de réhabilitations à l'aide de BFUHP qui seront réalisés par notre Direction des Etudes de Ponts ou par des bureaux d'études extérieurs. Ce projet de recherche a permis de contribuer activement à l'élaboration de ce modèle mécanique et le SPW est confiant que cette tâche soit assurée par R. Franssen sous la supervision du professeur B. Mihaylov.*

## PUBLICATIONS

UEE mainly publishes in the following domains: (i) Civil and Structural Engineering (29% - 129 documents), (ii) Mechanical Engineering (18% - 82 documents), (iii) Building and Construction (16% - 72 documents), (iv) Water Science and Technology (14% - 63 documents), (v) Mechanics of Materials (13% - 58 documents), (vi) Material Science (12% - 55 documents), (vii) Geotechnical Engineering and Engineering Geology (11% - 48 documents) and (viii) Geography Planning and Development (11% - 47 documents)<sup>2</sup>.

A comparison of figures over this period highlights the progression and dynamism of our Research Unit. This is especially true for the cumulative h index that passed from 36 (2015) to 55 (2019). In 2019, 42% of UEE scientific contributions were published in top-ranked (first quartile) international peer-reviewed journals<sup>3</sup>.

	h index	Cites (total)	J. Papers (annual)	J. Papers (total)	Conf. Papers (total)	Books (total)
2018	44	11378	79	1361	2485	169
2019	55	17741	82	1570	2678	219

*Total number of types of publications and h-index (Source: ORBi)*

## PHD THESES

Within the UEE Research Unit, the average of the PhD researchers is just below 100 people. Most of them are part of the “Architecture, civil engineering and geology” doctoral college and the others of the “Art of building and urbanism” doctoral college. An average of 10 PhD defenses take place every year.

	2017-2018	2018-2019	2019-2020
PhD researchers	92	87	98
PhD defenses	11	8	5

<sup>2</sup> Regarding to the percentages of the Scopus fields (analysis performed in February 2020). The chosen threshold was 10%. A same publication can be tagged with several fields.

<sup>3</sup> According to the 2016 SJR index of all the journals where UEE published in 2017 using the Scimago Journal & Country Rank web site ([www.scimagojr.com](http://www.scimagojr.com)).

## FUNDING

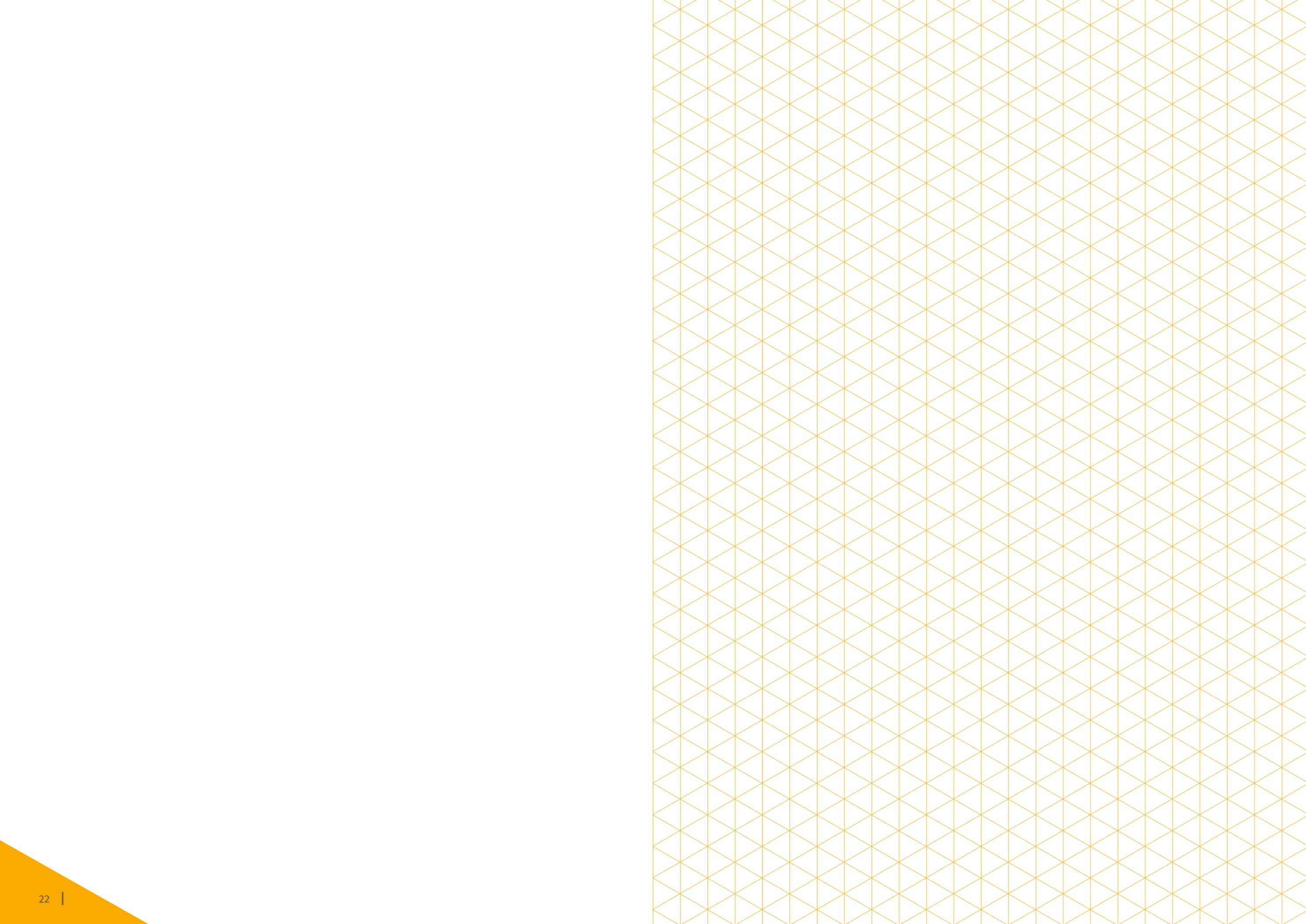
The Urban and Environmental Engineering’s different sources of incomes were gathered into 3 main categories: (i) direct funding (funding directly received from University and donations), (ii) Industry contracts and (iii) Research grants.

The total funding of our Research Unit fluctuates between 13 M€ and 17M€ over time.

Our industrial contracts tend to decrease over the years (2.710k€ in 2019 compared to 3.995 k€ in 2014) in favor of a significant increase of research grants (9.831 k€ in 2019 compared to 4.444 k€ in 2014). This can be interpreted on one hand with an important amount of secured European grants. The latter consist in 13 FEDER, 5 Horizon H2020 and 2 RFCS projects, and the other hand with the increased amount of funding dedicated to applied research in the different funding bodies at all levels.

Competitive grants are thus the most important funding resource of the Research Unit, with 55% of the Research Unit total incomes.







## CONTACT

### *Academic*

**Prof. Luc Courard**

luc.courard@uliege.be  
+32 4 366 93 50

**Prof. Frédéric Nguyen**

f.nguyen@uliege.be  
+32 4 366 37 97

### *Administrative*

**Dr Stéphanie Audrit**

stephanie.audrit@uliege.be  
+32 4 366 57 80

[uee.uliege.be](http://uee.uliege.be)

