

## Appel à candidatures – Doctorat – Chaire INSA / FNTF

---

<b>Titre du sujet</b>	Contrôle des transferts hydriques dans les bétons pour l'accroissement de la durée de vie des ouvrages : de l'échelle du matériau au bénéfice structural
<b>Responsables</b>	S. Multon (INSA Toulouse, 05.31.96.89.16) et C. Desprez (INSA Lyon) <a href="mailto:stephane.multon@insa-toulouse.fr">stephane.multon@insa-toulouse.fr</a> , <a href="mailto:cedric.desprez@insa-lyon.fr">cedric.desprez@insa-lyon.fr</a>
<b>Co-encadrement</b>	J. Verdier (LMDC), D. Bertrand (GEOMAS), H. Cagnon (LMDC), S. Grange (GEOMAS)
<b>Partenaires</b>	L. Boutillon (Vinci Construction Grands Projets), P. Labbé (ESTP), F. Boukhelf (ESTP), C. Florence (ESTP).
<b>Laboratoires</b>	LMDC, Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, Toulouse GEOMAS, Géomécanique, Matériaux, Structures, Lyon

---

### **Description du sujet :**

Le vieillissement des structures est un enjeu majeur de sécurité publique et de développement durable. Les ouvrages d'art subissent des agressions continues de leur environnement. Les pathologies du béton dépendent majoritairement de la saturation en eau de sa porosité (carbonatation, corrosion des armatures, réaction de gonflement internes...). Ces problématiques de long terme touchent une partie importante du parc d'ouvrages actuels en béton (ponts, barrages, immeubles...), largement majoritaires en France, en réduisant leurs durées de vie. La construction de ces ouvrages a eu un coût important tant à titre économique qu'environnemental. La réduction de leur durée de service conduit à leur démantèlement et à la construction de nouveaux ouvrages, engendrant un nouvel impact environnemental, comprenant l'impact des nouveaux matériaux utilisés et des moyens pour les mettre en œuvre. Prolonger la durée de vie des ouvrages existants permet de mieux rentabiliser l'impact environnemental de l'existant et ne pas en produire de nouveau. Ainsi, un meilleur contrôle de la teneur en eau des ouvrages participera à la décarbonation de la filière en rendant les ouvrages plus durables.

L'eau étant le vecteur de pathologies dans le béton, Vinci Construction Grands Projets souhaite maîtriser le taux de saturation à l'intérieur des bétons soumis aux conditions atmosphériques, ainsi que sa mesure in situ et sa prédiction, et tester l'efficacité de différentes solutions d'imperméabilisation prévenant ou ralentissant la pénétration d'eau liquide tout en laissant

sortir la vapeur d'eau afin de minimiser les échanges hydrique avec l'extérieur et le taux de saturation du béton en condition extérieures.

Les objectifs de ce travail sont d'une part d'évaluer l'efficacité de différents imperméabilisants sur béton en conditions de vieillissement à l'échelle de l'éprouvette puis à l'échelle d'éléments de structure en béton armé, et d'autre part d'appliquer une modélisation de transfert hydrique à l'évaluation des performances des béton avec et sans imperméabilisants à ces deux échelles. La première partie du travail de recherche, portant sur les développements à l'échelle du matériau seront réalisés au sein du laboratoire LMDC de l'INSA de Toulouse ; la seconde partie, portant sur les essais structuraux seront conduit au sein du laboratoire GEOMAS de l'INSA de Lyon et de sa plateforme d'essai Eiffel.

Ce travail de recherche fait l'objet d'un co-financement par la chaire « Transition Environnementale dans le secteur des Travaux Publics : vers des chantiers décarbonés et des infrastructures durables » portée par le Groupe INSA et la Fondation INSA dans le cadre d'un partenariat avec la Fédération Nationale de Travaux Publics (FNTP) et par VINCI Construction Grands Projets. De nombreuses actions de recherche en réseau sont initiées par VINCI, en particulier sur les questions environnementales. Le candidat recruté dans le cadre de ce partenariat avec l'INSA pourra intégrer le réseau des doctorants et post doctorants du Groupe. Sur le sujet précis de la décarbonation, VINCI travaille depuis plusieurs années avec des centres de recherche français et internationaux, notamment Mines Paris PSL, AgroParisTech, l'École des Ponts ou encore le CIRAIG. Plus largement les doctorants CIFRE issus de nombreux autres partenariats font également partie de ce réseau permettant échanges, retour d'expériences et accès à des terrains d'expérimentation sur des projets de bâtiments et d'infrastructures de VINCI. Ce travail sera également suivi par des partenaires de l'ESTP-Grande école d'ingénieurs de la construction, auprès de qui l'approche expérimentale pourra être complétée par des essais de caractérisation ciblés.

### **Objectifs :**

La problématique se confronte à un double challenge. Les évolutions climatiques d'une part accélèrent les cinétiques à l'origine des mécanismes de dégradation. La prolongation de la durée de vie des infrastructures d'autre part (*i.e.* : contextes routier, ferroviaire, nucléaire, logement) augmente le besoin pour les gestionnaires de disposer d'outils de prédiction fiables sur l'évolution de la performance de ces parcs. Dans le cadre des ouvrages en béton, qui constituent plus de 90 % du parc des ouvrages existants en France, il est donc primordial d'être en mesure de prévoir, de mesurer in situ et si possible de contrôler la teneur en eau à l'origine de pathologies.

Les objectifs de ce travail de doctorat sont donc :

- Evaluer l'efficacité de différents imperméabilisants sur béton et les soumettre à des conditions de vieillissement accélérés à l'échelle de l'éprouvette de laboratoire,
- Confronter les meilleurs imperméabilisants de laboratoire à une application sur structures de béton armé, structures vieilles par actions mécaniques (sollicitations cycliques, fluage, accroissement des sollicitations de service)
- Appliquer une modélisation existante de transfert hydrique à l'évaluation des performances des imperméabilisants à l'échelle du matériau et de la structure.

Pour atteindre ces objectifs, il sera nécessaire de :

\* Caractériser le degré d'humidité à l'échelle de la structure par des techniques de contrôle non destructif adaptées à la présence de l'imperméabilisant (mesure de résistivité et permittivité externe, capteurs noyés...),

- \* Développer la connaissance relative aux performances d'imperméabilisants pour béton en conditions réalistes d'ouvrages d'art (présence d'armatures, de fissures, de sollicitations cycliques...) par des essais structuraux en laboratoire,
- \* Appliquer le modèle de transfert hydrique et étudier sa performance pour des conditions réalistes d'ouvrages soumis aux aléas climatiques en présence ou non d'imperméabilisant.
- \* Identifier le lien entre champ d'humidité et champ de déformation pour proposer un modèle mécanique réaliste à l'échelle de l'élément de structure.

Les verrous identifiés pour ce travail sont :

- L'identification des profils hydriques précis pour pouvoir les confronter aux prédictions des modèles, particulièrement pour des taux de saturation compris entre 90 et 100%
- L'analyse des modifications de microstructures associées à l'imperméabilisant (mesure de porosité de surface, profondeur investiguée, gradient de propriétés...)
- L'intégration de l'imperméabilisant dans la modélisation et la caractérisation de ses propriétés de transfert par analyse inverse sur cinétique expérimentale (imbibition, séchage, transferts hydriques et gazeux sous pression) au cours de son vieillissement du fait à son exposition à un environnement réaliste (température, humidité, UV...).

### **Candidature :**

#### **Profil du candidat recherché :**

Diplôme d'ingénieur ou de master Génie Civil.

Prérequis en transfert dans les matériaux poreux (transfert hydrique dans les bétons en particulier), comportement mécanique du béton et du béton armé, intérêts pour le travail expérimental et numérique.

Les candidats devront fournir : CV, lettre de motivation, notes en M1 et M2 (classement si possible), éventuellement lettres de recommandation.

**L'appel à candidature est ouvert jusqu'en décembre 2024.**

## Call for doctoral application – Chaire INSA / FNTF

---

<b>Subject</b>	Control of water transfer in concrete for the improvement of the lifespan of structures: from the scale of the material to the structural benefit
<b>Supervision</b>	S. Multon (INSA Toulouse, 05.31.96.89.16) and C. Desprez (INSA Lyon) <a href="mailto:stephane.multon@insa-toulouse.fr">stephane.multon@insa-toulouse.fr</a> , <a href="mailto:cedric.desprez@insa-lyon.fr">cedric.desprez@insa-lyon.fr</a>
<b>Co-supervision</b>	J. Verdier (LMDC), D. Bertrand (GEOMAS), H. Cagnon (LMDC), S. Grange (GEOMAS)
<b>Partners</b>	L. Boutillon (Vinci Construction Grands Projets), P. Labbé (ESTP), F. Boukhelf (ESTP), C. Florence (ESTP).
<b>Laboratory</b>	LMDC, Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, Toulouse GEOMAS, Géomécanique, Matériaux, Structures, Lyon

---

### **Description:**

The aging of structures is a major issue for public safety and sustainable development. Engineering structures are subject to attacks from their environment. Concrete degradation depends on the water saturation of its porosity (carbonation, corrosion of reinforcements, internal swelling reaction, etc.). These long-term issues affect a significant part of the concrete structures (bridges, dams, buildings, etc.) by reducing their lifespans. Building of these structures had a significant cost, both economically and environmentally. The reduction in their service life leads to their dismantling and the construction of new structures, generating a new environmental impact, including the impact of the new materials. Extending the lifespan of existing structures makes it possible to make better use of the environmental impact of existing structures and not produce new ones. Thus, better control of the water content of concrete structures will contribute to the decarbonization of the construction by making the structures more sustainable.

Water plays an important role in concrete degradation. Vinci Construction Grands Projets needs, as part of this project, to test different waterproofing solutions in order to control the concrete humidity of the structures. The objectives of this work are therefore to evaluate the effectiveness of different waterproofing agents on concrete under aging conditions at the scale of laboratory specimens and reinforced concrete structures and to apply water transfer modeling to the evaluation of waterproofing performance at the material and structure scales.

The first part of the researches, relating to developments at the material scale, will be carried out within the LMDC laboratory at INSA Toulouse; the second part, relating to structural tests, will be conducted within the GEOMAS laboratory at INSA Lyon and its Eiffel testing platform.

This research work is funded by the chair “Environmental Transition in Public Works: towards carbon-free construction sites and sustainable infrastructures” supported by the INSA Group and the INSA Foundation as part of a partnership with the National Federation of Public Works (FNTP) and by VINCI Construction Grands Projets. Numerous network research actions are initiated by VINCI, particularly on environmental issues. The candidate recruited as part of this partnership with INSA will be able to join the Group's network of doctoral and post-doctoral students. On the specific subject of decarbonization, VINCI has been working for several years with French and international research centers, notably Mines Paris PSL, AgroParisTech, the Ecole des Ponts and CIRAIG. More broadly, doctoral students from numerous other partnerships are also part of this network allowing exchanges, feedback and access to experimental sites on VINCI building and infrastructure projects. This work will also be followed by partners from ESTP - a leading engineering school for the construction industry, where our experimental approach can be supplemented by targeted characterization tests.

### **Objectives:**

Sustainability of engineering structures faces a double challenge. On the one hand, climatic changes accelerate the kinetics at the origin of the degradation mechanisms. On the other hand, the extension of the lifespan of infrastructures (i.e.: road, rail, nuclear contexts) increases the need for managers to have reliable prediction tools on the evolution of the performance of these structures. In the context of concrete structures, which constitute more than 90% of the existing structures in France, it is therefore essential to be able to predict, and if possible, control the water content causing chemical degradations.

The objectives of this doctoral work are therefore:

- Evaluate the effectiveness of different waterproofing agents on concrete and subject them to accelerated aging conditions on the scale of the laboratory test specimen,
- Compare the best laboratory waterproofing agents for an application on reinforced concrete structures, structures submitted to mechanical actions (cyclical stresses, creep, increased service stresses),
- Apply existing water transport modeling to evaluate the performance of waterproofing agents at the material and structure scales.

To achieve these objectives, it will be necessary to:

- \* Characterize the degree of humidity at the scale of the structure using non-destructive testing techniques adapted to the presence of the waterproofing agent (measurement of resistivity and external permittivity, embedded sensors, etc.),
- \* Have a better developed knowledge relating to the performance of waterproofing agents for concrete in realistic conditions of engineering structures (presence of reinforcements, cracks, cyclical stresses, etc.) through structural tests
- \* Apply the water transport model and study its performance for realistic conditions of structures subject to climatic hazards in the presence or absence of waterproofing.
- \* Identify the link between humidity and deformation to propose a realistic mechanical model at the scale of the structural element.

The scientific locks identified for this work are:

- capacity to obtain precise moisture profiles to be able to compare them with model predictions,
- ability to analyze microstructure modifications associated with the waterproofing, measurement of surface porosity, depth investigated, property gradient,
- integration of the waterproofing agent into the modeling, characterization of its transport properties by inverse analysis of experimental kinetics (imbibition, drying, water and gas transfers under pressure) during its aging due to its exposure to realistic environments (temperature , humidity, UV, etc.).

**Candidate:**

**Required profile:**

Engineer's degree or master's degree in Civil Engineering.

Knowledges in transport in porous materials (particularly water transport in concrete), mechanical behavior of concrete and reinforced concrete, interests in experimental and numerical works.

Candidates must provide: resume, cover letter, M1 and M2 grades (ranking if possible), possibly letters of recommendation.

**Call for application until end of December 2024.**