

**Proposition de thèse en co-tutelle entre l'INSA Rennes et l'Université Libanaise**

**Titre** : Potentiel d'autocicatrisation et de réparation des bétons à granulats recyclés

**Mots-clés** : Autocicatrisation, Déformations différées, Durabilité, Fissuration, Granulats recyclés, Matériaux cimentaires, Réparation

**Localisation** : *Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique (LGCGM)*, Institut National des Sciences Appliquées de Rennes (INSA Rennes) - *Unité de recherche Génie civil et développement durable*, Faculté de génie, Université Libanaise

**Encadrement** : Darquennes Aveline (INSA Rennes), Matar Pierre (Université Libanaise), Hannawi Kinda (INSA Rennes)

**Description du sujet** :

Depuis plusieurs années, le domaine de la réparation et de la réhabilitation des ouvrages en béton armé est en pleine évolution. En effet, la plupart de ces ouvrages ont plus de 40 ans et beaucoup d'entre eux nécessitent des travaux de réparation vu leur état de dégradation. L'apparition de fissures est quasi inévitable pour les structures en béton ce qui, sans pour autant induire un risque d'effondrement, accélère les procédés de dégradation (pénétration des agents agressifs : CO<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup>, etc.) et diminue leur durée de vie. Cette perte de performance induit un accroissement des investissements nécessaires pour la maintenance, la réparation et/ou le renforcement des structures en béton armé.

Dans un contexte de développement durable, il est nécessaire de développer une solution de réparation à faible impact environnemental permettant d'assurer des performances équivalentes ou supérieures aux structures réparées, prolonger leur durée de vie ainsi que la sécurité des utilisateurs. L'objectif principal de la présente thèse de doctorat est d'étudier le *potentiel de réparation des bétons à granulats recyclés*, en particulier leur *capacité à s'auto-réparer* après fissuration sans intervention extérieure de manière à accroître leur durée de vie. Le développement d'un tel matériau de réparation permettra de *valoriser des granulats issus de la déconstruction*, en remplacement total ou partiel des granulats naturels et de *réduire le coût du béton de réparation*.

Le recyclage du béton est une solution alternative à l'épuisement des ressources de granulats naturels permettant également de réduire le coût du béton de réparation. En effet, le gisement global de granulats recyclés disponible en France pour les bétons est conséquent (25 Mt/an). Cependant, les bétons à granulats recyclés présentent un comportement particulier lié à la composition du granulat recyclé qui se caractérise par un mélange de pâte et de granulats. Ainsi, leur porosité est plus importante que celle des granulats naturels. Dans le cadre de cette thèse de doctorat, nous allons valoriser cette caractéristique en faisant jouer au granulat recyclé plusieurs rôles :

- (1) « Cure interne » afin de limiter les retraits et les incompatibilités de déformations entre le matériau de réparation et son support,
- (2) « Réservoir » pour contenir les agents de cicatrisation permettant l'auto-cicatrisation des fissures au sein des bétons de réparation.

La *conception de matériaux s'auto-réparant valorisant des granulats recyclés* nécessite le développement d'*expérimentations complexes* via des approches *Thermo-Hydro-Chemo-Mécanique (THCM)* et *multi-échelles* afin de comprendre et d'évaluer le comportement de ces matériaux de réparation et les interactions aux interfaces « granulats recyclés – nouvelle pâte » (échelle mésoscopique) et « support – matériau de réparation » (échelle macroscopique). Ces expérimentations devront analyser en particulier les éléments résumés ci-dessous :

- (1) Optimisation de la formulation du matériau de réparation (teneur en granulats recyclés, leur degré de saturation, etc.),
- (2) Évaluation du risque de fissurations dues aux incompatibilités des déformations entre le granulats recyclés et la pâte, et entre le support et le matériau de réparation,
- (3) Évaluation de la compatibilité physico-chimique de la réparation en prenant en compte les principales sollicitations l'affectant au cours de sa durée de vie,
- (4) Développement d'une capacité d'auto-réparation lors de l'apparition de fissures au sein de la réparation.

Au cours de la thèse, des échanges scientifiques seront menés à l'échelle européenne dans le cadre de l'action **COST CA 15 202 – SARCOS**, *Self-healing As preventive Repair of COncrete Structures* (2016-2020).

**Compétences requises** : Goût prononcé pour l'expérimentation, Connaissances en Génie Civil.

### **Références** :

- [1] **Matar, P.**, Zéhil, G.P. (2019) "Effects of polypropylene fibers on the physical and mechanical properties of recycled aggregate concrete". *Journal of Wuhan University of Technology - Materials Science Edition*, 34(6), pp 1327–1344. <https://doi.org/10.1007/s11595-019-2196-6>
- [2] Assaad, J., **Matar, P.**, Gergess, T. (2019) "Effect of quality of recycled aggregates on bond strength between concrete and embedded steel reinforcement". *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, First published online 19 November 2019, 1–18. <https://doi.org/10.1080/21650373.2019.1692315>
- [3] **Matar, P.**, Assaad, J.J. (2019) "Concurrent effects of recycled aggregates and polypropylene fibers on workability and key strength properties of self-consolidating concrete". *Construction and Building Materials*, 199, pp 492–500. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.09>
- [4] De Belie, N., Gruyaert, E., Al-Tabbaa, A., Antonaci, P., Baera, C., Bajäre, D., **Darquennes, A.**, Davies, R., Ferrara, L., Jefferson, T., Litina, C., Miljevic, B., Otlewska, A., Ranogajec, J., Roig, M., Paine, K., Pawel, L., Serna, P., Tulliani, J.-M., Vucetic, S., Wang, J., Jonkers, H. (2018) "A review on self-healing concrete for damage management of structures", *Advanced Materials Interfaces*, 5(17), pp 1800074-102. <https://doi.org/10.1002/admi.201800074>

- [5] Olivier, K., **Darquennes, A.**, Benboudjema, F., Gagné, R. (2016) “Early-age self-healing of cementitious materials with ground granulated blast-furnace slag under water curing”, *Journal of Advanced Concrete Technology*, 14, pp 717-727. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jact/14/11/14\\_717/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jact/14/11/14_717/pdf)
- [6] **Darquennes, A.**, Olivier, K., Benboudjema, F., Gagné, R. (2016) “Self-healing at early-age, a way to improve the chloride resistance of blast-furnace slag cementitious materials”, *Construction and Building Materials*, 113, pp 1017-1028. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.087>

**Contacts :**

**Nom :** Aveline Darquennes

**e-mail :** [aveline.darquennes@insa-rennes.fr](mailto:aveline.darquennes@insa-rennes.fr)

**Nom :** Pierre Matar

**e-mail :** [pmat@ul.edu.lb](mailto:pmat@ul.edu.lb)