

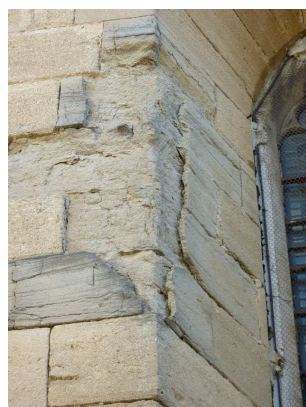
Proposition de Stage de Master 2

- Mâîtres de stage :** Philippe BROMBLET (CICRP) – philippe.bromblet@cicrp.fr
Fabien CHERBLANC (LMGC) – fabien.cherblanc@univ-montp2.fr
- Laboratoires :** CICRP Marseille – www.cicrp.fr
LMGC Montpellier – www.lmgc.univ-montp2
- Lieu du stage :** CICRP Marseille
- Intitulé du stage :** Rôle des contraintes hydro-mécaniques dans la dégradation des pierres calcaires : analyse expérimentale et modélisation du comportement.

Contexte : Certaines pierres calcaires exposées aux pluies et aux ruissellements développent de spectaculaires dégradations qui affectent le matériau sur plusieurs centimètres d'épaisseur, voire à cœur. Les variations de dimension en fonction de la teneur en eau et de la température semblent jouer un rôle décisif dans les processus de dégradation superficielle qui affectent les pierres calcaires. Ces dégradations qui se développent sur de nombreux édifices hors de toute contamination saline requièrent généralement la substitution partielle ou complète de la pierre.

Les gonflements localisés de la pierre sont attribués à la présence d'argiles et/ou aux pressions capillaires. Les cycles hydriques (humidification/séchage) peuvent générer un endommagement et conduire à la fissuration. L'objectif est d'étudier ces phénomènes en concentrant le travail sur deux pierres à forte dilatation hydrique et souvent affectées par des desquamations et des fragmentations spectaculaires sur les façades exposées aux pluies.

Ce projet de recherche est mené en collaboration avec le CICRP de Marseille, dont l'objectif est de développer des méthodes et outils pour la restauration et la conservation du patrimoine. Trois cas d'étude sont envisagés dans ce projet : l'église médiévale de Caromb (83), l'amphithéâtre de Nîmes (30).



*Desquamation en plaque
Eglise de Caromb*



*Fragmentation en esquilles
Amphithéâtre de Nîmes*



*Fragmentation en esquilles
Abbaye de Montmajour*

Contenu :

A ce stade du projet, l'objectif de ce travail est de se focaliser sur le couplage hydro-mécanique observable dans ces matériaux et, en particulier, de s'intéresser au vieillissement du matériau provoqué par des cycles hydro-mécaniques. Il s'avère que les niveaux de contraintes obtenus au cours d'une imbibition capillaire ne sont pas suffisants pour conduire à la rupture direct d'un bloc. En effet, les processus de dégradation incriminés relèvent davantage du résultat d'un endommagement cyclique sur des temps très longs avec une fissuration progressive conduisant in fine au détachement d'une esquille ou d'une plaque.

Afin d'avancer dans la compréhension des mécanismes en jeu, les différentes étapes du travail demandé sont énumérées ci-dessous :

1. Mise en œuvre de différentes méthodes expérimentales pour mesurer les dilatations hygrique et hydrique des matériaux (mesure de longueur, jauge de déformation, corrélation d'images digitales). L'objectif est, d'une part, de comparer les résultats obtenus afin de valider une technique qui sera utilisée par la suite et, d'autre part, d'analyser plus en détail les dilatations observées expérimentalement. En effet, l'étude des déformations à une échelle plus fine associée à l'analyse du décalage temporel entre dilatation et front d'imbibition devraient fournir un éclairage nouveau pour comprendre l'origine de la grande variabilité des résultats précédemment obtenus.
2. Influence des cycles hydriques sur les caractéristiques mécaniques. Il s'agira de développer un protocole pour imposer un grand nombre de cycles d'imbibition/séchage contrôlé, puis de tester mécaniquement (vitesse du son, essai Brésilien) les échantillons au cours des cycles afin de mettre en évidence une perte des propriétés mécaniques provoquée par les cycles hydriques. Certains travaux antérieurs (Ciantia & Hueckel, 2013) laissent supposer que des modifications de la micro-structure (suspension/re-déposition) sont à l'origine d'une évolution des propriétés macroscopiques.
3. Développement d'un dispositif pour imposer des cycles hydro-mécaniques. L'idée est d'imposer des cycles d'imbibition/séchage sur un échantillon dont les déformations sont partiellement bloquées afin de le solliciter par des contraintes mécaniques d'origine hydrique. Ce dispositif pourra ensuite être introduit dans une machine d'essai pour évaluer le niveau des contraintes hydro-mécaniques générées lors de l'imbibition. Un objectif est de valider ou corriger un modèle numérique en cours de d'élaboration, puis de mettre en évidence éventuellement un phénomène de fatigue hydro-mécanique pouvant être responsable de l'endommagement du matériau.

En parallèle de cette étude expérimentale, une analyse bibliographique sera requise pour appréhender les aspects fondamentaux (mécanismes de rupture des roches calcaires, couplage hydro-mécanique, endommagement et fatigue des roches, ...) et appliqués (phénomènes d'altération des monuments, problématique de la restauration, ...) de ce projet de recherche.