

## Fiche de projet

### Recrutement Post doc/ingénieur de recherche

#### Intitulé du projet scientifique :

Concept de chape bicouche mortier de chaux - protection de plâtre pour la consolidation des voûtes par l'extrados de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Identification de quelques facteurs d'endommagement

**Mots clés :** Comportement THCM de matériaux minéraux et composites minéraux sous chargement thermique sévère. Résistance au feu. Optimisation par compromis de résistance. Intégration d'effets d'échelle. Comportement aux interfaces au sein du composite. Durabilité.

#### Contexte institutionnel

Les travaux s'inscrivent dans le cadre d'un projet porté par le CRC-LRMH et répondant aux besoins exprimés par la MOe en charge de la restauration de la cathédrale Notre Dame de Paris auprès du LRMH dans le cadre de ses missions de CST.

#### Contexte scientifique

Le projet de recherche s'inscrit dans le cadre de la restauration de la cathédrale Notre Dame de Paris suite à l'incendie du 15 avril 2019. L'extrados des voûtes soumis au feu pendant plus de sept heures a conduit à des endommagements irréversibles des pierres (déplacage, desquamation partielle) qui conditionnent la stratégie de restauration et de confortation par renforcement des voûtes par l'extrados.

Dans la phase de restauration, il convient donc de reconstruire les parties manquantes et, pour les matériaux encore en place et réutilisables, de restituer les épaisseurs manquantes et leurs fonctions de renforcement, à la fois mécanique et de protection passive contre le feu. Dans le respect de l'histoire de la construction et de l'oeuvre, le choix d'un mortier à la chaux s'impose comme système de jointoiment des pierres et pour la réfection de l'épaisseur manquante à l'extrados des voûtes (chape). Néanmoins, une telle solution technique ne peut garantir une réelle résistance au feu. A cette fin et pour reprendre la solution partiellement existante mise en place à la période de Viollet-le-Duc, l'application d'une protection passive incendie à base de plâtre est envisagée. Le projet de recherche vise à optimiser ce composite en terme de formulation, ou à tester 1 ou 2 formules proposées par les entreprises, afin d'assurer la fonction renforcement mais également pour garantir une bonne résistance au feu.

#### Projet de recherche

Pour le projet envisagé, il convient donc d'établir les critères les plus pertinents pour sélectionner ce composite mortier à base de chaux/chape de plâtre :

- La chape de plâtre dont la fonction principale et la protection incendie, doit être formulée pour minimiser les risques de fissurations caractéristiques de ces matériaux fragiles et garantir une mise en place/œuvre adaptée au contexte de la cathédrale. Il convient en particulier de définir une épaisseur garantissant une durée de protection optimum,

- Le mortier à base de chaux, dont la fonction principale est le renforcement mécanique des voûtes, fait l'objet d'une formulation adaptée dont on envisage un éventuel fibrage. Bien que la fonction protection incendie ne soit pas prédominante, il convient que le matériau final à l'état durci soit capable de résister à une élévation limite de la température de 300°C,

- Enfin, l'interface mortier à la chaux/plâtre constitue la partie critique du composite par les possibles échanges chimiques, les transferts de masse (diffusion de vapeur d'eau) et les aspects mécaniques potentiellement antagonistes susceptibles de se produire au cours d'un incendie. Vis-à-vis des échanges chimiques sous contrainte hydrique, il convient d'étudier les possibilités de contamination à moyen terme du mortier à base de chaux par les sulfates dans un contexte de compatibilité prédictive.

Les formules à tester doivent posséder une "certaine" ouvrabilité pour faciliter la mise en œuvre sur "chantier", intégrer la présence d'un fibrage et/ou d'un maillage et présenter de bons critères d'homogénéité à l'état solide.

Le projet expérimental nécessitant des caractérisations physique, chimique, thermique et mécanique des matériaux, les travaux intégreront un/des tests de résistance au feu à échelle réduite sur une maquette constituée de deux pierres endommagées par le feu et provenant de la voûte du transept nord de la cathédrale.

#### **Profil recherché :**

Les candidats recherchés sont docteur ou docteur-ingénieur en sciences des matériaux avec de bonnes connaissances sur les matériaux minéraux, et des compétences dans le domaine des liants hydrauliques. Le(la) candidat(e) peut se prévaloir d'une expérience réussie ou a déjà été confronté(e) aux problèmes thermiques et thermodynamiques et à l'identification des grandeurs-clés en thermique. Une solide formation de base en chimie et une spécialisation à la chimie des milieux inorganiques est requise. Le projet de recherche recourant à différentes techniques expérimentales et moyens expérimentaux intrusifs, non intrusifs et multidimensionnels, nous recherchons un bon expérimentateur, rigoureux, sachant préserver un environnement propre. Un bon niveau en anglais est exigé.

#### **Modalités administratives :**

Financement et durée : contrat USR3224-LRMH à durée déterminée (CDD) de 12 mois avec un prolongement possible de 6 mois et un démarrage prévu à l'automne 2021.

Salaire : selon expérience et grille en vigueur IR-CNRS

Localisation : l'ingénieur de recherche sera basé dans les locaux du laboratoire de recherche de monuments historiques LRMH (<https://www.lrmh.fr>), 29 Rue de Paris à Champs sur Marne (77420).

#### **Pour postuler :**

Envoyer les documents suivants à Yannick MELINGE ([yannick.melinge@culture.gouv.fr](mailto:yannick.melinge@culture.gouv.fr)) et Jean-Didier MERTZ ([jean-didier.mertz@culture.gouv.fr](mailto:jean-didier.mertz@culture.gouv.fr)) au plus tard le 15 octobre 2021 :

- Lettre de motivation indiquant votre expérience en lien avec le sujet de postdoctoral
- Curriculum vitae comprenant la liste de vos publications scientifiques
- Noms et adresse de deux référents
- Le recrutement sera prononcé à l'issue d'une série d'audition sur le site du LRMH pour les candidat(e)s pré-sélectionné(e)s