

SUJET DE THESE

Étude structurelle et mécanique du môle oriental du 9^e pylône de Karnak. Du diagnostic à l'intervention par la fusion et la structuration de données multimodales

Le 9^e pylône du complexe de Karnak (Fig.1) (Louqsor, Égypte), édifié sous le règne d'Horemheb (XIV^e siècle av. n. è.), représente un cas d'étude exceptionnel et complexe pour l'archéologie monumentale. Cet édifice colossal en grès se distingue par une structure interne hétérogène, composée d'un remplissage de dizaines de milliers de blocs de remploi (« talatates » d'Akhénaton et blocs de Toutânkhamon). Cette organisation interne, couplée à des interventions modernes en béton et un effondrement partiel ancien, confère au monument des propriétés mécaniques complexes et une fragilité structurelle préoccupante. Dans le cadre d'un programme de restauration piloté par le Centre Franco-Égyptien d'Étude des Temples de Karnak (CFEETK), un démontage partiel et un évidement de la partie supérieure du monument sont prévus. La thèse s'inscrit dans ce processus patrimonial en évolution, visant à transformer le monument en un « laboratoire interdisciplinaire » pour renouveler les connaissances sur sa logique constructive et assurer sa conservation.



Fig.1. 9eme pylône de Karnak

Le projet KARMA repose sur une **organisation interdisciplinaire** qui associe les compétences complémentaires du **CFEETK** (expertise archéologique et patrimoniale), du **MAP** (relevés numériques et structuration de données), du **LMA** et du **CICRP** (mesures physiques non destructives et caractérisation des matériaux patrimoniaux), ainsi que du **LMGC** (modélisation et simulation mécanique)

Le projet doctoral doit lever trois verrous majeurs liés à l'interdisciplinarité entre archéologie et ingénierie :

- **Articulation du visible et de l'invisible** : Il s'agit de spatialiser et d'interpréter dans un référentiel géométrique commun les données issues de l'enveloppe externe (photogrammétrie, lasergrammétrie) et les mesures indirectes explorant l'intérieur des maçonneries (acoustique, ultrasons, géoradar).
- **Gestion des multi-échelles et multi-temporalités** : Le travail doit articuler les données du bloc individuel à l'ensemble du monument, tout en liant l'histoire constructive antique (remplois) au comportement structurel actuel.
- **Intégration de données hétérogènes** : La recherche nécessite la structuration de jeux de données variés (nuages de points, simulations mécaniques, observations



archéologiques) pour produire un socle de connaissances partagées et intelligibles par les différents acteurs (égyptologues, ingénieurs, restaurateurs).

Le travail du doctorant s'inscrit au cœur du projet **KARMA** et consiste à réaliser une **étude structurelle et mécanique intégrée** du môle oriental du 9^e pylône de Karnak pour guider sa future restauration fondée sur trois axes :

- **Missions de terrain et acquisition de données (In situ)** : Le doctorant participera activement aux campagnes de relevés à Louqsor (Égypte). Il contribuera à la collecte de données géométriques (photogrammétrie, lasergrammétrie) et physiques (acoustique, ultrasons, géoradar) pour documenter l'état actuel du monument.
- **Traitement et fusion de données (Laboratoire)** : Une part majeure du travail repose sur l'innovation méthodologique. Le doctorant devra spatialiser et interpréter les signaux physiques indirects (acoustique, radar) au sein d'un référentiel géométrique 3D commun. Il s'agira d'organiser des jeux de données variés (nuages de points, mesures physiques, observations archéologiques) pour les rendre exploitables par les différents experts du projet.
- **Modélisation mécanique et aide à la décision** : Le travail aboutira à une phase de simulation pour sécuriser l'intervention sur le monument. Il développera des modèles mécaniques (notamment via la méthode des éléments distincts) **informés par les données de terrain** acquises lors des phases de diagnostic. **Il définira des scénarios d'intervention** qui permettront de simuler les phases de démontage partiel, d'évidement et de consolidation. Ses résultats contribueront directement à l'élaboration du cahier des charges scientifique pour la restauration et la reconstruction du pylône.

Pilote du projet : Centre Franco-Égyptien d'Étude des Temples de Karnak. Unité d'Appui et de Recherche (UAR) 3172 – CFEETK (Égypte)

Etablissement d'inscription : Aix-Marseille Université, École Doctorale Sciences pour l'Ingénieur (ED 353).

Direction de thèse :

LMA (UMR 7031), Marseille

MAP (UPR 2002), Marseille

CICRP (ministère de la Culture), Marseille

LMGC (UMR 5508), Montpellier

Financement acquis : Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires (MITI) du CNRS

Contrat : CDD doctorant CNRS de 3 ans à compter du 01/10/2026.

Salaire : environ 2 300 € brut. Complément par service d'enseignement possible

Mobilité internationale : Missions de recherche en Égypte et collaboration avec les laboratoires partenaires. Conférences internationales.

Profil recherché : scientifique avec un gout prononcé pour l'interdisciplinarité entre ingénierie mécanique, sciences du numérique, patrimoine architectural et archéologie.

Contacts : cedric.payan@univ-amu.fr, anthony.pamart@map.cnrs.fr,
jeremie.berthonneau@cicrp.fr frederic.dubois@umontpellier.fr jeremy.hourdin@cnrs.fr