

## Avis de Soutenance

Monsieur Mahmoud Alaaelden Ahmed ALI

Génie Mécanique et Productique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Modélisation thermomécanique non linéaire de maçonneries réfractaires*

dirigés par Monsieur ALAIN GASSER et Monsieur Eric BLOND

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : LaMé - Laboratoire de Mécanique Gabriel Lamé

Soutenance prévue le **vendredi 17 décembre 2021** à 10h00

Lieu : IRD, 5 rue du Carbone, 45100 Orléans

Salle : Amphi IRD

### Composition du jury proposé

|                          |                                      |                       |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| M. ALAIN GASSER          | Université d'Orléans                 | Directeur de thèse    |
| M. Eric BLOND            | Université d'Orléans                 | Co-directeur de thèse |
| M. Marc HUGER            | Université de Limoges                | Examineur             |
| M. PAULO LOURENÇO        | University of Minho                  | Examineur             |
| M. Thomas SAYET          | Université d'Orléans                 | Co-encadrant de thèse |
| M. Hans Ulrich MARSCHALL | RHI Magnesita                        | Examineur             |
| M. Samuel FOREST         | Centre des Matériaux MINES ParisTech | Rapporteur            |
| M. Frédéric LEBON        | Université Aix Marseille             | Rapporteur            |

**Mots-clés :** Réfractaires, Maçonnerie, Modélisation thermomécanique, Homogénéisation non linéaire, Joint, Fluage

### Résumé :

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche Marie Curie financé par l'Union Européenne et consacré à « Advanced THermomechanical multiscale mOdelling of Refractory linings (ATHOR) ». Les principaux objectifs de cette étude sont premièrement, la caractérisation du comportement mécanique et thermomécanique des maçonneries réfractaires sous une large gamme de conditions de chargement thermomécanique. Deuxièmement, développer des modèles numériques rigoureux et efficaces, en termes de calcul, pour les maçonneries réfractaires avec ou sans mortier. Le comportement mécanique et thermomécanique d'une maçonnerie réfractaire avec des joints sans mortier a été étudié pour une large gamme de conditions de chargement à température ambiante et à haute température (jusqu'à 1500 °C). Des essais de compression uniaxiale, dans les directions normales aux joints horizontaux ou verticaux, et des essais de compression biaxiale à température ambiante ont été réalisés. Des essais de fluage uniaxial, biaxial et de relaxation biaxiale ont été également réalisés à haute température. Les résultats de ces essais aident à comprendre le comportement thermomécanique complexe des revêtements réfractaires. Les impacts des joints, leur fermeture et ouverture, des erreurs dimensionnelles et de forme des briques sont expliqués. Ensuite, des modèles numériques multi-échelles de maçonnerie ont été développés en se basent sur de l'homogénéisation non linéaire. Les modèles considèrent le comportement viscoplastique élastique orthotrope et non linéaire de la maçonnerie réfractaire et tiennent compte de la fermeture et/ou de l'ouverture des joints. Les modèles développés ont été calibrés et validés en comparant les résultats expérimentaux et numériques de maçonneries soumises à une large gamme de conditions de chargement thermomécanique. Les résultats numériques donnent des précisions sur la réponse thermomécanique des revêtements réfractaires et aident à comprendre leur comportement mécanique complexe. Les modèles validés ont été utilisés pour prédire la réponse thermomécanique transitoire d'une poche à acier à l'échelle industrielle. Les méthodes expérimentales, les résultats et les modèles multi-échelles développés et présentés dans cette étude ouvrent de nouvelles perspectives intéressantes pour la conception et l'optimisation des revêtements réfractaires utilisés dans différentes structures industrielles.