

Avis de Soutenance

Madame Isabelle GERGES

Sciences pour l'Ingénieur Génie Civil

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

formulation d'un mélange de mortier imprimé en 3D et évaluation de ses performances à l'état frais et à l'état durcis

dirigés par Monsieur Emmanuel ANTCZAK et Monsieur Fadi HAGE CHEHADE
Cotutelle avec l'Université libanaise (Liban)

Soutenance prévue le ***Lundi 22 décembre 2025*** à 9h00

Lieu : Université Libanaise, Campus universitaire de Rafic Hariri, Ecole doctorale de Sciences et Technologies, Hadath (Liban)

Salle : 1er étage du bâtiment de l'EDST

Composition du jury proposé

| | | |
|----------------------|--|--------------------|
| M. Emmanuel ANTCZAK | Université d'Artois | Directeur de thèse |
| M. Fadi GEARA | Université Saint Joseph, Liban | Rapporteur |
| M. Mahmoud KHALED | Lebanese International University (LIU), Liban | Examinateur |
| Mme Marianne SABA | Université Balamand, Liban | Examinatrice |
| Mme Faten ABI FARAJ | ACTS, Liban | Examinatrice |
| M. Nicolas YOUSSEF | JUNIA | Examinateur |
| M. Fadi HAGE CHEHADE | Université Libanaise, Liban | Directeur de thèse |
| M. Pierre MOUNANGA | JUNIA, France | Rapporteur |

Résumé :

De la médecine à l'aérospatiale, en passant par la construction sur Terre ou sur d'autres planètes, l'impression 3D a révolutionné le secteur de la fabrication et de construction, offrant plusieurs avantages par rapport à la construction conventionnelle, tels que la réduction des coûts, main-d'œuvre, coffrages, temps et des déchets, ainsi la réalisation des structures géométriquement complexes. Un facteur clé pour le succès de cette technologie réside dans le choix du mélange optimal, qui doit posséder des propriétés adaptées à l'impression tout en garantissant une performance solide une fois durci. De nombreux critères doivent être pris en compte, notamment les coûts et l'impact environnemental. Ainsi, étant donné que les mélanges imprimés en 3D sont rarement formulés à partir de matériaux locaux Libanais et en raison des nombreux avantages de l'impression 3D qui transforme le secteur de la construction, cette thèse vise à développer un mortier imprimé en 3D à partir de matériaux locaux Libanais et à évaluer ses performances à l'état frais et durci, tout en tenant compte de la réduction des coûts et des impacts environnementaux négatifs. Pour répondre à l'objectif de cette étude, plusieurs mélanges avec des teneurs en liant de 600 kg/m^3 et 550 kg/m^3 ont été formulés, en variant le rapport eau/liant, la teneur en superplastifiant, et la quantité d'additif modificateur de viscosité. Afin de réduire l'approche empirique, les mélanges qui ne se situaient pas dans la plage d'imprimabilité, ayant un diamètre de flux de fluage compris entre 150 et 190 mm, et qui ne permettaient pas d'empiler les couches à l'aide du pistolet manuel pendant 30 minutes, ont été éliminés. Des proportions bien régulées, avec un rapport eau/liant et une teneur en superplastifiant adéquats, ont été sélectionnées puisqu'elles répondaient à toutes les propriétés en état frais, telles que la fluidité, l'extrudabilité, la capacité de construction, et le temps d'ouverture. Ensuite, les mélanges sélectionnés ont été testés par l'imprimante à l'aide d'une conception modélisée créée dans Rhinoceros et CURA. Deux mélanges ont été retenus pour chaque teneur en liant, M5B600 et M3B550, après le processus d'optimisation, qui ont montré une bonne imprimabilité avec une déposition stable des couches lors de l'impression. Une caractérisation rhéologique approfondie et des essais mécaniques à un âge précoce ont été réalisés sur les deux mélanges, démontrant qu'avec le temps, la teneur en ciment améliore significativement ces propriétés. De plus, une teneur en liant plus élevée pour le mélange M5B600 a permis d'obtenir de meilleures propriétés à l'état durci en termes de résistance à la compression et de vitesse de pulse ultrasonique. En revanche, une résistance à la flexion plus élevée a été atteinte pour le mélange contenant moins de liant, M3B550, car il contient un adjuvant modifiant la viscosité qui améliore l'adhérence entre les couches imprimées. Enfin, le mélange M3B550, qui possède un pourcentage de liant inférieur, a permis de réaliser des économies et des émissions CO₂ réduite, sans compromettre la performance ni la capacité d'impression. Il a donc été choisi comme mélange optimal pour les applications d'impression 3D sur le marché Libanais. Dans la dernière phase de cette recherche, un matériau à changement de phase (MCP) a été ajouté au mélange optimal de mortier imprimé en 3D à différents taux de substitution afin d'évaluer son adéquation pour la fabrication additive. Les résultats ont montré qu'une dose appropriée de MCP de 2,5 % préservait une bonne imprimabilité et une résistance mécanique globale satisfaisante, malgré une diminution par rapport au mélange sans MCP, tout en améliorant significativement le stockage d'énergie thermique et la capacité calorifique. En conclusion, le MCP, à une dose adaptée, constitue une stratégie innovante pour réduire la consommation d'énergie dans la construction de bâtiments imprimés en 3D.