

Titre : Développement d'une approche intégrée pour l'éco-dimensionnement de poutres en béton armé : apport d'une conception bicouche pour une performance structurelle et environnementale

Mots clés : Béton armé, béton fibré, conception bicouche, ouverture de fissure, optimisation structurelle, empreinte carbone, mécanique de la rupture, éco-dimensionnement

Résumé : Le béton armé, matériau central de la construction depuis plus d'un siècle, demeure fortement émetteur de CO₂ en raison du ciment et de l'acier qu'il contient. Dans un contexte de transition écologique, cette thèse vise à repenser la conception des structures en béton armé pour concilier performance mécanique et réduction de l'impact environnemental. Deux leviers d'éco-conception sont explorés.

Le premier consiste à utiliser l'ouverture de fissure comme critère de dimensionnement à l'état limite de service. Une méthode analytique est développée pour modéliser la phase post-fissuration en intégrant la contribution résiduelle du béton en traction. Cette approche permet d'améliorer le contrôle de la fissuration, d'optimiser le ferrailage et de réduire l'empreinte carbone.

Le second levier concerne la conception de poutres multicouches associant béton fibré et béton ordinaire, afin d'adapter localement les propriétés mécaniques aux sollicitations. Un modèle analytique est validé par des essais de flexion quatre points, complétés par une caractérisation de l'interface via la corrélation d'images et l'émission acoustique. Enfin, une analyse simplifiée du cycle de vie met en évidence les bénéfices environnementaux, ouvrant la voie à un béton armé plus sobre et durable.

Title : Development of an integrated approach for the eco-design of reinforced concrete beams : contribution of a two-layer concept for structural and environmental performance

Keywords : Reinforced concrete, fiber-reinforced concrete, two-layer design, crack opening (CMOD), structural optimization, carbon footprint, fracture mechanics, eco-design

Abstract : Reinforced concrete, a cornerstone of modern construction for over a century, remains a major source of CO₂ emissions due to its cement and steel content. In the context of ecological transition, this thesis aims to rethink the design of reinforced concrete structures to combine mechanical performance with reduced environmental impact. Two eco-design strategies are explored.

The first focuses on using crack opening as a design criterion at the serviceability limit state. An analytical method is developed to model the post-cracking phase by accounting for the residual tensile contribution of concrete. This approach improves crack control, optimizes steel reinforcement, and lowers the carbon footprint.

The second strategy concerns the design of multilayer beams combining fibre-reinforced and ordinary concrete to locally adapt mechanical properties to stress levels. An analytical model is validated through four-point bending tests, complemented by detailed interface characterization using digital image correlation and acoustic emission. Finally, a simplified life cycle assessment highlights the environmental benefits achieved, paving the way for a more efficient and sustainable use of reinforced concrete.