

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602
Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes
Spécialité : GENIE CIVIL

Par

Aghiless YAHMI

Développement de corrélations entre résultats d'essais ex-situ et auto contrôles en vue de simplifier les processus de justification des performances des produits de réemploi

Thèse présentée et soutenue à l'Icam de Nantes, le 06 octobre 2025
Unité de recherche : GeM-Institut de recherche en génie civil et mécanique-UMR CNRS 6183

Rapporteurs avant soutenance :

Sylvie YOTTE
Amor BEN FRAJ

Professeure des Universités, Université de Limoges
Directeur de recherche HDR, CEREMA, Paris

Composition du Jury :

Examineurs : Rafik BELARBI
Sofiane AMEZIANE

Professeur des Universités, Université de La Rochelle
Professeur des Universités, Université de Clermont Auvergne

Directeur de thèse : Abdelhafid KHELIDJ
Co-encadrant : Mahfoud TAHLAITI
Mustapha NOURI

Professeur des Universités, Nantes Université
Docteur et chargé de recherche, Icam de Nantes
Docteur et chargé de recherche, Icam de Nantes

Invité(s)
Gérard AUBRON

DEA, Région des Pays de la Loire

Titre : Développement de corrélations entre résultats d'essais ex-situ et auto contrôles en vue de simplifier les processus de justification des performances des produits de réemploi.

Mots clés : réemploi, diagnostic, requalification, propriétés résiduelles, analyse modale, CND.

Résumé : En France, le bâtiment produit près de 40 millions de tonnes de déchets par an, et consomme plus de la moitié des ressources minérales extraites. Dans une perspective d'économie circulaire, le réemploi des produits et matériaux (PM) de construction apparaît comme une solution prometteuse pour réduire l'impact environnemental, mais reste très marginal (1 %), freiné par de nombreux verrous techniques. L'un des principaux obstacles est la difficulté à requalifier les matériaux issus de la déconstruction, dont les propriétés peuvent être altérées par le vieillissement, lié aux conditions d'usage et aux dégradations physico-chimiques. Justifier leurs performances résiduelles est indispensable à leur réintégration dans des usages exigeants, mais repose encore sur des essais destructifs, longs, coûteux et peu adaptés aux réalités du secteur. Cette thèse vise à surmonter ces limites en établissant des corrélations fiables entre des essais normatifs classiques et une méthode non destructive : l'analyse modale expérimentale.

Trois familles de PM sont étudiées : poutres structurelles en bois, dalles de bardage minérales et portes acoustiques. Une revue bibliographique approfondie permet d'identifier les principaux mécanismes de vieillissement, les altérations des matériaux et les indicateurs de performance essentiels. L'analyse vibratoire, couplée à des modèles numériques, permet une caractérisation complète et non invasive : estimation du module d'élasticité, détection de fissures et de défauts internes pour les poutres et les dalles de bardage, ainsi qu'évaluation des performances acoustiques des portes. Les résultats montrent que cette approche, robuste et adaptable, constitue un outil pertinent pour diagnostiquer les performances résiduelles des matériaux en conditions réelles, et ainsi faciliter un réemploi sécurisé et élargi dans le bâtiment.

Title: Correlations Between Ex-Situ Test Results and On-site Self-Inspection to Simplify the Performance Justification Processes of Reusable Products.

Keywords: reuse, diagnostics, requalification, residual properties, modal analysis, NDT.

Abstract: In France, the building sector generates nearly 40 million tonnes of waste annually and consumes more than half of all extracted mineral resources. In a circular economy perspective, the reuse of construction products and materials is a promising way to reduce environmental impact, but remains marginal due to technical barriers. One major challenge is the performance assessment of materials from deconstruction, whose properties may have degraded through aging, usage conditions, and physical and chemical degradation. Verifying their residual performance is essential for reuse in demanding applications but still relies on destructive testing, long, costly, and poorly suited to operational needs. This thesis aims to overcome these

limitations by establishing reliable correlations between standard tests and a non-destructive method: experimental modal analysis. Three PM families are studied: structural timber beams, mineral cladding panels, and acoustic doors. A thorough literature review identifies key aging mechanisms, material alterations, and performance indicators. Vibratory analysis, combined with numerical models, enables full, non-invasive characterization: estimation of elastic modulus, detection of internal defects (beams, panels), and assessment of acoustic performance (doors). Results show this robust and adaptable approach supports accurate in-situ diagnosis, promoting safe and broader reuse in the building sector.