

**Titre :** -Matériaux pour maximiser la durée de vie des éléments de structure en béton armé situés en environnement maritime

**Mots clés :** Liants cimentaires, environnement maritime, laitier de hauts fourneaux, durabilité, propriétés de transport, modélisation, corrosion, tomographie par rayon X.

**Résumé:** Les structures en béton armé, telles que les ouvrages portuaires et les éoliennes offshore, sont exposées à l'infiltration d'ions chlorure, favorisant la corrosion des armatures par leur dépassivation. Les bétons utilisés dans les structures érigées avant les années 2000 étaient principalement composés de ciment Portland ou de CEM II avec des taux d'additions limités. Depuis deux décennies, l'intégration de forts taux de Laitier de Hauts Fourneaux (LHF) vise à renforcer leur durabilité en milieu maritime en prolongeant la phase d'initiation, et à réduire leur empreinte carbone. La compréhension des mécanismes lents d'hydratation du ciment à base de LHF reste complexe alors que cette hydratation conditionne la microstructure et la solution porale de ces bétons eux-mêmes influant la dépassivation des armatures et la propagation de la corrosion. Notre travail comporte deux parties principales. La première porte sur la compréhension (programme expérimental) et la modélisation 1) de l'hydratation 2) de la porosité 3) des propriétés mécaniques 4) des

propriétés de transport, de ces pâtes incorporant de forts taux de LHF. Nous avons développé un modèle capable de prédire les mécanismes d'hydratation et leur impact sur la microstructure, les propriétés physiques mécaniques et de transport comme la perméabilité. Ce modèle a été confronté à nos propres résultats expérimentaux mais aussi à ceux de la littérature.

La seconde partie explore le phénomène de propagation de la corrosion dans des mortiers et bétons pour différentes conditions d'exposition 1) saturée 2) marnage 3) aérienne. La tomographie par rayon X est la technique choisie pour visualiser l'expansion des produits de corrosion car elle est non destructive et permet donc un suivi temporel. La période d'initiation augmente dans les formulations avec une plus grande quantité de laitier ce qui est conforme aux coefficients de migration mesurés dans la partie 1. De plus, la corrosion a été identifiée dans diverses zones, mais elle semble plus avancée dans la zone aérienne proche de la zone de marnage et pour les formulations contenant peu de LHF.

**Title :** Materials to maximize the service life of reinforced concrete structural elements located in a marine environment.

**Keywords :** Cementitious binders, maritime environment, blast furnace slag, durability, transport properties, modeling, corrosion, X-ray tomography.

**Abstract:** Reinforced concrete structures (such as port structures, offshore floating wind turbines, etc.) are subjected to the penetration of chloride ions, which cause depassivation of the reinforcements and subsequent corrosion. The concrete used in existing structures built before the year 2000 mainly consisted of Portland cement or CEM II but with low additive content. Over the last 20 years, to minimize the carbon impacts on these structures, high amounts of Blast Furnace Slag (BFS) have been incorporated. This addition also aims to maximize the lifespan of these structures in maritime environments by extending the initiation phase. Understanding the slow hydration mechanisms of BFS-based cement remains complex knowing that it influences the microstructure and pore solution, which in turn affect depassivation of reinforcements and corrosion propagation in these concrete structures. Our work encompasses two main parts. The first focuses on understanding (through experimental programs) and

modeling: 1) hydration, 2) porosity, 3) mechanical and 4) transport properties of these pastes with high levels of BFS. We developed a model capable of predicting hydration mechanisms and their impact on microstructure, physical, mechanical, and transport properties, such as permeability. This model has been verified against our experimental results and literature data.

The second part explores corrosion propagation in mortars and concrete under different exposure conditions: 1) saturated, 2) tidal, and 3) atmospheric. X-ray tomography is the chosen non-destructive technique to visualize corrosion product expansion. The initiation period is further extended in formulations with higher amounts of slag which is coherent to the migration coefficient measured in Part 1. Furthermore, corrosion has been identified in various zones, but it appears more advanced in the atmospheric zone near the tidal one and for the formulations having low BFS content.