



MODÉLISATION NUMÉRIQUE DU MÉCANISME DE TRANSPORT MULTIPHYSIQUE DANS LES INFRASTRUCTURES URBAINES ET MARITIMES POUR CONTRER LA DÉGRADATION

17/04/2025

Réalisé par :

SGHURI Abderrahmane.

HAFIDI Fatima Ezzahrae.

Projet mené sous la
supervision du :

Dr.Xuande Chen

Co-supervision du :

Dr.Wang Xiaodong

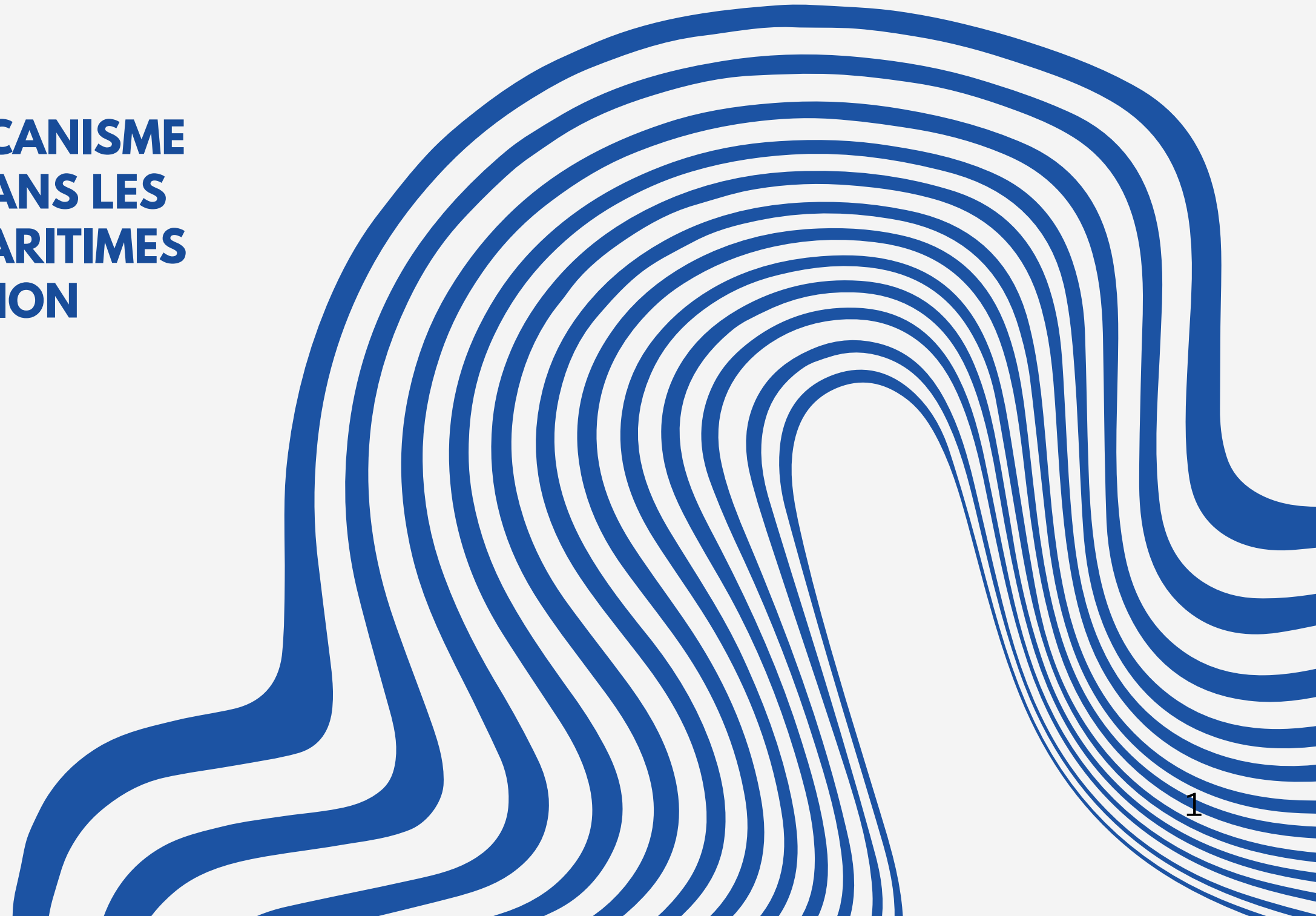


TABLE DES MATIÈRES

01.

Mise en contexte

02.

Problématique

03.

Objectif

04.

Approche

05.

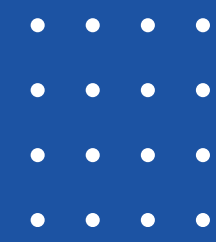
Méthodologie

06.

Résultats



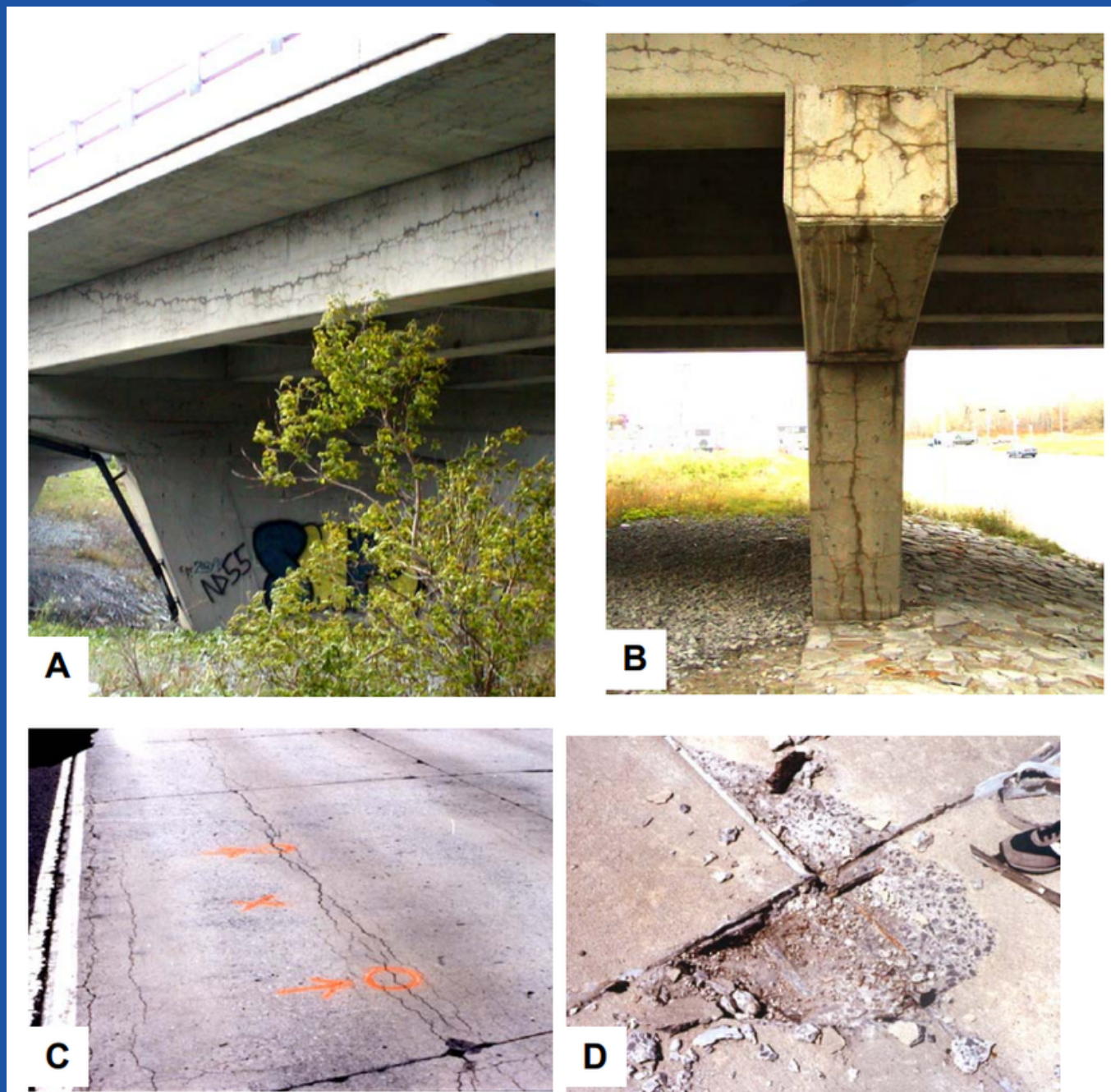
01. MISE EN CONTEXTE



La corrosion des armatures en béton armé est responsable de pertes économiques de plusieurs milliards \$/an dans le monde.

Elle est largement causée par la pénétration des ions chlorure, provenant des environnements marins ou des sels de déglacage.

Cela menace la durabilité des ponts, quais, routes et tunnels – notamment à Rimouski.

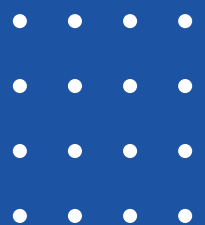


PROBLÉMATIQUE

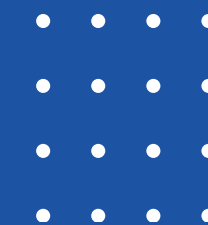
Pour anticiper la corrosion dans le béton, les ingénieurs utilisent des modèles numériques : ce sont des programmes mathématiques qui simulent comment les chlorures (sels) pénètrent dans le béton au fil du temps.

Mais la majorité des modèles existants présentent des limites importantes :

- **Ils considèrent uniquement la diffusion, c'est-à-dire un transport lent et uniforme, sans prendre en compte des phénomènes plus rapides comme la succion capillaire.**
- **Ils ignorent le changement de phase (l'eau peut passer de liquide à solide), ce qui influence fortement le transport des chlorures.**
- **Ils ne reproduisent pas les variations climatiques réelles, comme les cycles de mouillage/séchage ou de gel/dégel, très fréquents au Québec.**



OBJECTIF



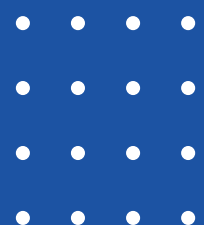
Développer un modèle numérique avancé permettant de :

Simuler le transport couplé eau–
chlorures dans le béton

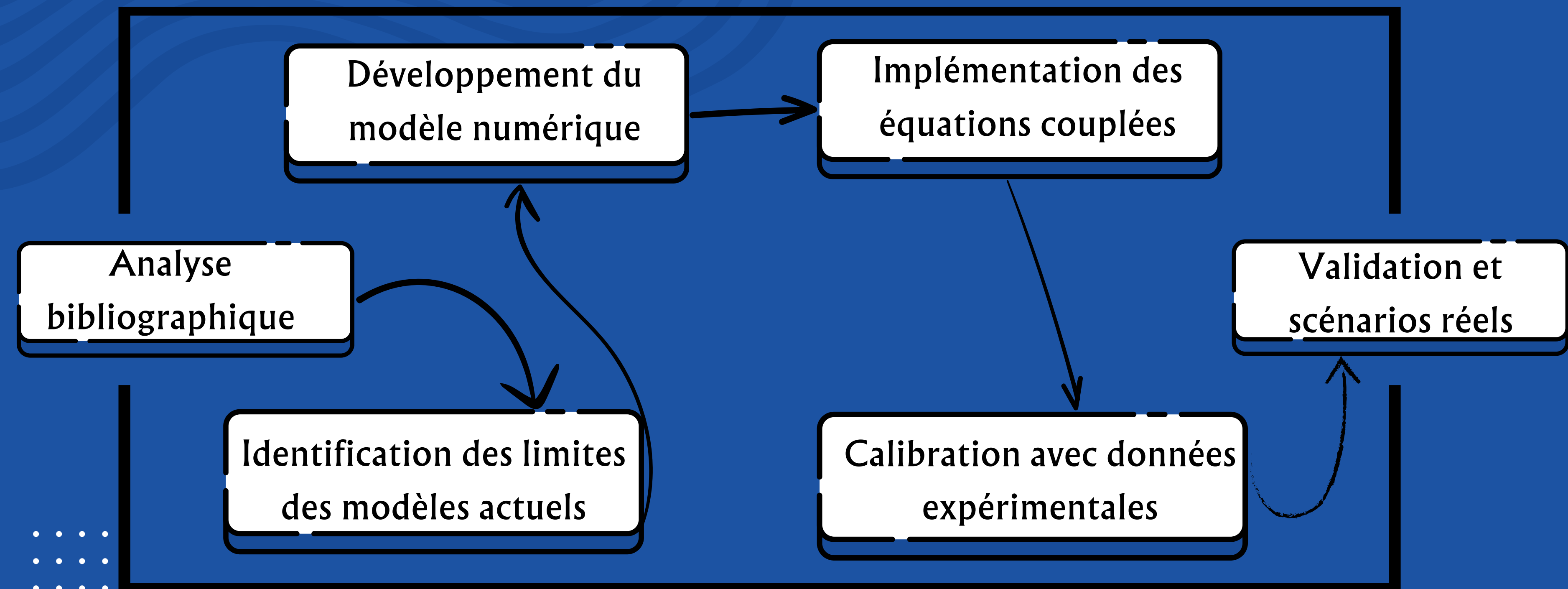
Intégrer les effets de la succion
capillaire et du changement de
phase

Prédire le risque de corrosion
des armatures

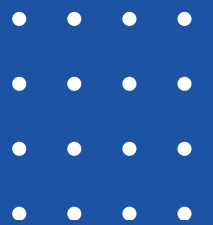
Prévention pour la maintenance
proactive



APPROCHE



MÉTHODOLOGIE



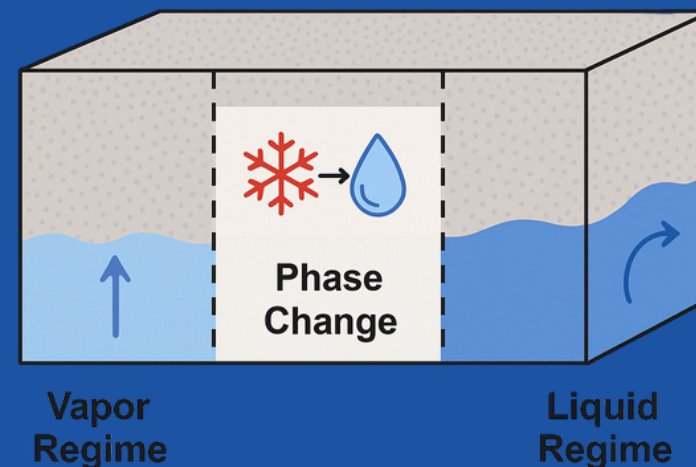
Modèle numérique

Couplage des phénomènes physiques

Diffusion des ions chlorure selon un modèle de type Nernst–Planck modifié

Transport de l'humidité par succion capillaire (Darcy) et diffusion vapeur (Fick)

Changement de phase géré par un algorithme de commutation entre régimes



Discretisation numérique

Domaine 2D divisé en mailles carrées (éléments)

Résolution temporelle par schéma Euler implicite ou Crank-Nicolson

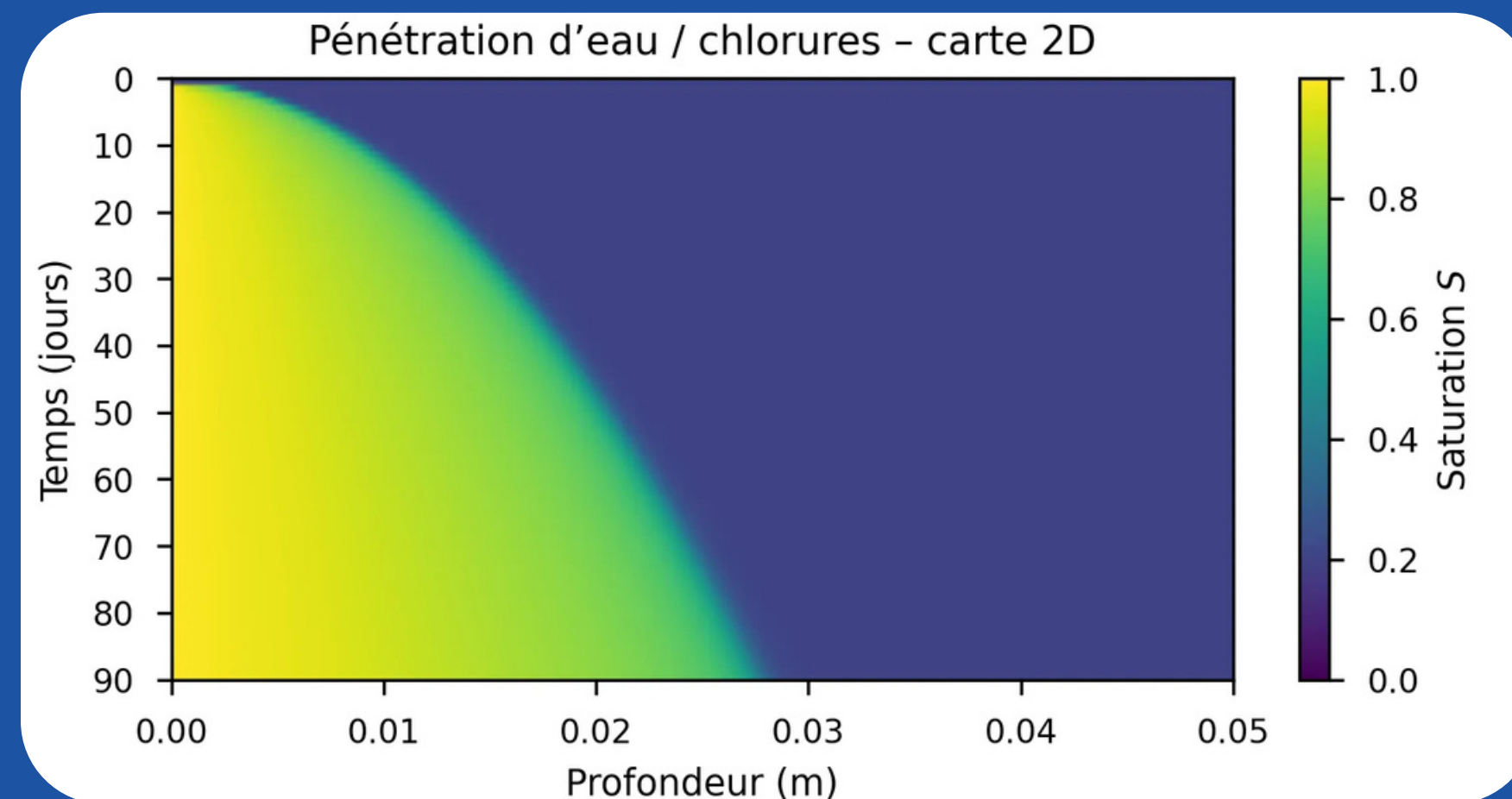
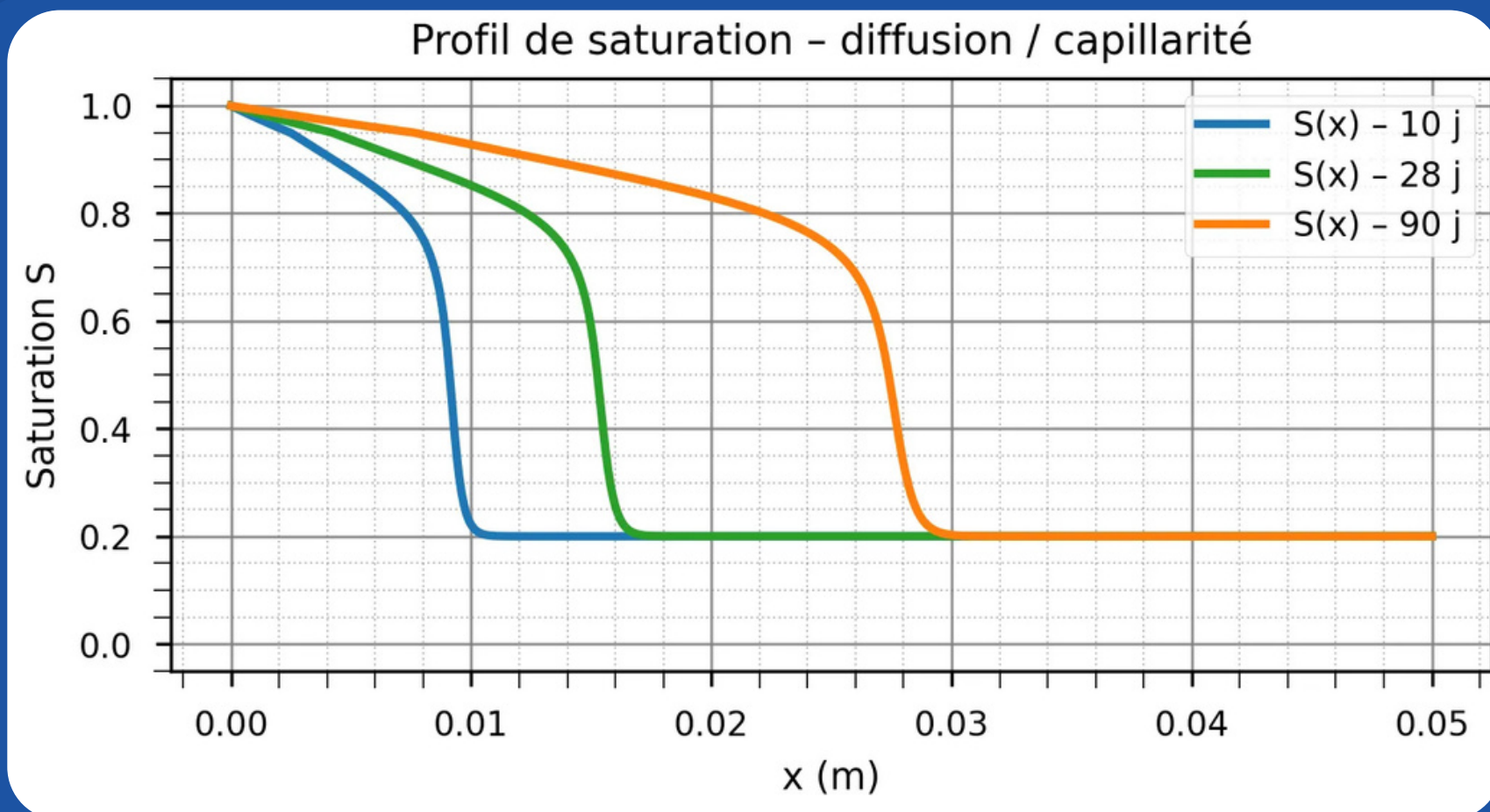
Algorithme de Newton-Raphson pour les systèmes non linéaires

06. RÉSULTATS

résultats préliminaires :
évolution de la saturation



* Une simulation a été effectuée pour observer l'évolution de la saturation en eau du béton en fonction de la profondeur et du temps, à partir d'une surface exposée à l'humidité (capillarité).



(*) : Il s'agit de résultats préliminaires, obtenus sans prise en compte du changement de phase (gel/dégel) ni de plusieurs variables environnementales complexes.

Références :

- [1] Chen, X., Sanchez, T., Conciatori, D., Chaouki, H., Sorelli, L., Selma, B., & Chekired, M. (2022). Numerical modeling of 2D hygro-thermal transport in unsaturated concrete with capillary suction. **Journal of Building Engineering**, 45, 103640.
- [2] Conciatori, D., Sadouki, H., & Brühwiler, E. (2008). Capillary suction and diffusion model for chloride ingress into concrete. **Cement and Concrete Research**, 38(10), 1401–1408.
- [3] Conciatori, D., Brühwiler, E., & Linden, C. (2018). Numerical simulation of the probability of corrosion initiation of RC elements made of reinforcing steel with improved corrosion performance. **Structure and Infrastructure Engineering**, 1–15.
- [4] Gode, K., & Paeglitis, A. (2014). Concrete bridge deterioration caused by de-icing salts in high traffic volume road environment in Latvia. **The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**, 9(3), 200–207.
- [5] Chen, X., Conciatori, D., Sanchez, T., Sorelli, L., Selma, B., & Chekired, M. (2023). Numerical modeling of multi-ionic transport with/without electrical field applied in sound and microcracked ordinary and ultra-high-performance fiber-reinforced concrete. **Archives of Civil and Mechanical Engineering**, 23, 232.
- [6] Conciatori, D., Sadouki, H., & Brühwiler, E. (2010). Comprehensive modeling of chloride ion and water ingress into concrete. **Construction and Building Materials**, 24(3), 327–338.

