
Contrôle optimal de systèmes hygrothermiques couplés par réseaux de neurones informés par la physique (PINNs) via une approche par état adjoint

Meissa FAYE

AIMS-Mbour, Sénégal, meissa.faye@aims-senegal.org.

Ce travail s'inscrit dans le cadre du contrôle optimal de systèmes régis par des équations aux dérivées partielles (EDP) non linéaires, un domaine où les méthodes numériques classiques se heurtent souvent à un coût computationnel prohibitif. Nous formulons et résolvons ici un problème de régulation hygrothermique au sein d'une paroi de bâtiment, caractérisé par un couplage fort et bidirectionnel entre les champs de température et d'humidité relative sous contraintes de confort.

L'objectif principal est de minimiser une fonctionnelle de coût quadratique visant le confort thermique et hygrométrique sous contrainte de sobriété énergétique. En mobilisant le formalisme de l'état adjoint, le système d'optimalité est traduit sous la forme d'un système de Karush–Kuhn–Tucker (KKT) à quintuple équation. La nature direct-rétrograde (*forward-backward*) de ce système couplé représentant un verrou numérique majeur pour les algorithmes de descente standards, nous proposons de le résoudre via l'architecture des réseaux de neurones informés par la physique (PINNs), s'inspirant des travaux pionniers de Raissi et al. (2019) sur les lois de conservation et des extensions récentes au contrôle optimal (Mowlavi & Lakhssassi, 2023).

Ce cadre d'apprentissage sans maillage intègre directement les résidus des EDP d'état et d'adjoint dans la fonction de perte globale du réseau. Les résultats démontrent une excellente convergence algorithmique, garantissant une réduction de 26 % du coût global et une régulation rapide de l'humidité relative moyenne. Enfin, l'analyse met l'accent sur l'impact de l'inertie thermique sur l'autorité du contrôle, ouvrant la voie à l'utilisation des PINNs pour la gestion prédictive et en temps réel des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC).