

## Sujet de thèse

### École doctorale EEA de Lyon

*Merci de compléter l'ensemble des rubriques et de lire les notes de bas de page.*

<b>Etablissement d'inscription :</b> Université Claude Bernard Lyon 1 <sup>1</sup>
<b>École doctorale :</b> ED 160 EEA de Lyon dirigée par Mr Delachartre Philippe
<b>Intitulé du doctorat :</b> Automatique <sup>2</sup>
<b>Sujet de la thèse :</b> Etude d'un réseau d'eaux usées : Model Predictive Control
<b>Unité de recherche :</b> LAGEPP <sup>3</sup> , dirigée par Stéphanie Briançon
<b>Directeur/trice de thèse :</b> Mme DOS SANTOS MARTINS Valérie
<b>Co-directeur/trice de thèse (le cas échéant)<sup>4</sup> :</b> Mr RODRIGUES Mickael
<b>Co-directeur/trice de thèse en entreprise (le cas échéant) :</b>

<sup>1</sup> A impérativement choisir dans la liste suivante : Ecole Centrale de Lyon, INSA de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1

<sup>2</sup> A impérativement choisir dans la liste suivante : Automatique // Electronique, Nanotechnologie, Optique et Laser // Génie Electrique // Ingénierie pour le vivant Traitement du signal et de l'Image)

<sup>3</sup> A impérativement choisir dans la liste suivante : Laboratoire Ampère, CITI, CREATIS, INL, LAGEP, LGEF

<sup>4</sup> Un/une co-encadrant-e n'est pas nécessairement co-directeur/trice de thèse puisque pour remplir ce rôle, il est nécessaire d'être habilité à diriger des recherches (pour plus de précision, voir le règlement intérieur de l'ED EEA, section 3.

**Collaboration(s)/partenariat(s) extérieur(s) éventuels<sup>5</sup> :**

PUIG Vicenç Full Professor of Automatic Control, Universitat Politècnica de Catalunya

**Domaine et contexte scientifiques :**

Ce sujet est proposé dans le cadre du projet PAI de la Région Auvergne-Rhône-Alpes C-StaRRE 4.0 « De la Collecte des eaux usées à la Station de Récupération des Ressources de l'Eau : Nouveaux outils numériques pour l'aide au pilotage ».

Dans ce projet, nous nous intéressons aux Stations urbaines de Récupération des Ressources de l'eau (StaRRE) du futur en les considérant comme des industries de production du réseau d'égouts en amont à la station d'épurations (STEP) à l'aval. Le pilotage des STEP du futur doit prendre en compte plusieurs étapes, du réseau de transport au traitement des eaux usées et à leur valorisation : le réseau d'égouts (WP1), le réacteur biologique et le clarificateur (WP2) et leurs interactions (WP3).

Le sujet se positionne sur le premier Work-Package.

Extrait du projet global :

« Ce work-package WP1 traite de la partie du système d'aide à la décision numérique (DSS) pour une gestion intégrée optimale du système d'égout combiné CSS (mesuré en termes de CSO / inondation / réduction d'énergie et maximisation de l'eau traitée). Il fonctionnera de manière anticipative grâce à l'utilisation des prévisions pluviométriques pour faire face au changement climatique et grâce aux modèles du réseau d'assainissement en amont. Un ensemble d'indicateurs (techniques, environnementaux, économiques, sociaux et législatifs) sera fourni pour la sélection des meilleures stratégies de gestion dans le CSS pour un développement durable. Enfin, des mécanismes efficaces et précoces de détection des perturbations et des événements susceptibles d'affecter la performance des processus de traitement des eaux usées seront fournis (par exemple, pluies, pics organiques, toxicité) afin de minimiser les émissions environnementales, les fuites de solides en suspension et de polluants de l'eau. »

**Mots-clefs :** Stabilité, EDP hyperbolique, équations de Saint-Venant, commande prédictive, optimisation, LMI

---

<sup>5</sup> Hors contrats doctoraux fléchés UMI par l'établissement, les sujets de thèse en cotutelle ne sont pas acceptés.

### **Objectifs de la thèse :**

L'étudiant devra appréhender le travail effectué précédemment en étudiant la bibliographie existante sur ce sujet tant sur l'aspect des réseaux d'égouts que des outils en dimension infinie, déjà développés par les encadrants de la thèse. Après cette partie bibliographique, l'objectif principal sera de coupler ces approches et d'en faire ressortir, dans l'ordre de priorité :

- Modélisation améliorée du réseau d'égouts (dimension infinie, nœuds...).
- Prise en compte des phénomènes extérieurs tel que la pluie.
- Commande du réseau afin d'améliorer la performance des processus de traitement des eaux usées.
- Prise en compte des critères de qualité ; indicateurs environnementaux, toxicité de l'eau, qualité des boues charriées...
- Proposer un opérateur d'aide à la décision.

### **Verrous scientifiques :**

L'objectif de cette thèse est d'élargir le spectre initié par leurs travaux, cités ci-après en bibliographie, dans le cadre plus complexe et de plus grandes dimensions des réseaux d'égouts.

Les verrous sont :

- La modélisation améliorée en dimension infinie et l'étude de stabilité/robustesse
- La prise en compte dans ce cadre des nœuds /pluie, phénomènes externes/perturbations.
- Intégration des critères de qualité dans la modélisation en dimension infinie
- Data mining : gestion des données pour un système de grandes dimensions (réseau d'égouts de Barcelona)

### **Contributions originales attendues :**

Développement d'outils :

- aide à la décision/supervision
- de contrôle-commande pour des systèmes de grandes dimensions,
- de lois tenant compte de la robustesse et des problèmes d'identification en dimension infinie

Application sur un site réel : réseau d'égouts de Barcelona (comparaison avec l'existant développé par le partenaire Vicenç Puig, Universitat Politècnica de Catalunya)

**Programme de recherche et démarche scientifique proposée :**

Le programme suit l'ordre des objectifs décrits ci-dessus :

- Appropriation du modèle existant (équations de Saint-Venant) et incorporation des termes secondaires (biefs latéraux, pluie...).
- Application des outils en dimension infinie LOI et BOI (linear and bilinear matrix inequalities) dans le cadre d'un réseau simplifié d'égouts (plusieurs biefs en série par exemple...).
- Intégration et développement des ces outils au cas complet des équations dites de Saint-Venant, e.g. incluant des termes secondaires.
- Validation d'une méthodologie systématique de conception de la commande pour certaines classes de systèmes comportant des éléments pouvant être décrits par des EDP. Cette action implique une confrontation objective de différentes approches qui pourront être proposées afin de dégager les avancées les plus significatives.
- La validation et la comparaison des différentes approches, sur des données réelles issues du traitement de données des eaux usées de Barcelone, représentative des défis sur des systèmes à très grande échelle.
- Inclusion de l'aspect macro via les indicateurs environnementaux sur la qualité des eaux usées.
- Développement d'un système d'aide à la décision.



**EEA**  
ÉLECTRONIQUE  
ÉLECTROTECHNIQUE  
ET AUTOMATIQUE  
UNIVERSITÉ DE LYON

**Encadrement scientifique :**

- **Description du comité d'encadrement :** [à compléter avec le rôle dans l'encadrement scientifique (en termes de compétences scientifiques, etc.) et le pourcentage d'implication du directeur de thèse <sup>6</sup> et des autres membres du comité<sup>7</sup> ]

Nom Prénom	Labo / Equipe	Compétences scientifiques	Taux d'encadrement %
Mme DOS SANTOS MARTINS Valérie	LAGEPP DYCOP	EDP, stabilité des systèmes en dimension infinie, application de diverses techniques aux équations de Saint-Venant	50
Mr RODRIGUES Mickael	LAGEPP DYCOP	Diagnostics des systèmes Linéaire à Paramètres Variants, commande tolérante aux défauts, Etude de stabilité des systèmes LPV multi-modèles	50

- Le comité d'évaluation de l'HCERES ayant demandé à l'école doctorale de limiter la taille du comité d'encadrement à deux membres (directeur de thèse compris), il est impératif de ne proposer des comités d'encadrement de taille plus importante que si cela est absolument nécessaire<sup>8</sup> et **de le justifier soigneusement.**

<sup>6</sup> Le directeur de thèse doit être un HdR rattaché à l'ED EEA ou en passe de le devenir avant juin de l'année en cours ou bénéficier d'une dérogation du Conseil Scientifique lors du dépôt du sujet de thèse.

<sup>7</sup> Dans le cas d'un comité d'encadrement réparti sur plusieurs établissements, la plus grande partie de l'encadrement est effectuée par des membres de l'établissement. Si l'encadrement de la thèse implique des membres hors de l'ED EEA, la part de l'encadrement des membres ED doit être très supérieur à 50%.

<sup>8</sup> Un certain nombre de commissions type CNU ne reconnaissent un co-encadrement qu'au-delà d'un certain pourcentage. Souvent l'encadrement est considéré comme effectif si > 30%.

- **Intégration au sein du (ou des) laboratoire(s)** (Département/Equipe(s) impliquée(s)) (**pourcentage du temps travail au sein de ce ou ces laboratoire(s)**) :

Compte-tenu de la crise sanitaire, la thèse se déroulera uniquement sur le site de la DOUA au LAGEPP équipe DYCOP, bien que dans le projet PAI soient prévus des échanges avec les partenaires étrangers. Si la situation le permet, le ou la doctorant(e) pourra se rendre sur le site espagnol.

**Financement de la thèse :** Contrat doctoral de l'établissement d'inscription

**Profil du candidat recherché (prérequis) :**

Le candidat est de formation automatique et/ou mathématique avec une appétence particulière pour l'applicatif avec de réels enjeux sociaux-économiques et les procédés.

Curieux et bilingue, le sujet étant dans le cadre d'un projet international et le partenaire sur cette partie du projet est situé à Barcelone. Compte tenu du contexte sanitaire, il n'y aura pas de déplacement sur le site espagnol.

La programmation est une compétence plus que nécessaire ainsi que LATEX.

**Objectifs de valorisation des travaux de recherche :**

La valorisation sera faite au travers de publications scientifiques dans des revues et de conférences de haut niveaux.

Les résultats escomptés permettront d'optimiser la qualité de recyclage des eaux usées en amont des stations d'épurations, avec un outils de gestion qui prendra en compte différents phénomènes/critères de qualité.

Cela permettra de mieux connaître ce qui arrive aux STEP, permettant ainsi une meilleure gestion de ces dernières.

**Compétences qui seront développées au cours du doctorat :**

Les compétences a priori à acquérir sont de différents niveaux :

- aspects non scientifiques :

\* travail en équipe, avec des partenaires locaux et étrangers

- \* gestion de projet, planification, rendus
- \* rédaction d'articles anglais et français
- \* validation d'une démarche méthodologique en recherche
- \* échanges avec des industriels
- \* prise en compte des enjeux sociaux-économiques

- compétences scientifiques :

- \* modélisation/ contrôle-commande/ maîtrise des outils en dimension infinie (LOI/BOI e.g.) a minima leur utilisation
- \* utilisation logiciels numériques,
- \* prise en compte de contraintes terrains

#### **Perspectives professionnelles après le doctorat :**

Avec les compétences développées durant la thèse, le ou la candidat(e) sera capable de s'intégrer tant dans une équipe de recherche universitaire que dans une équipe de R&D en entreprise de part le sujet et les partenaires impliqués.

#### **Références bibliographiques sur le sujet de thèse :**

C. Ocampo-Martinez, V. Puig, G. Cembrano and J. Quevedo, "Application of predictive control strategies to the management of complex networks in the urban water cycle [Applications of Control]," in IEEE Control Systems Magazine, vol. 33, no. 1, pp. 15-41, Feb. 2013, doi: 10.1109/MCS.2012.2225919.

Congcong Sun, Luis Romero, Bernat Joseph-Duran, Jordi Meseguer, Eduard Muñoz, Ramon Guasch, Montse Martinez, Vicenç Puig, Gabriela Cembrano, Integrated pollution-based real-time control of sanitation systems, Journal of Environmental Management, Volume 269, 2020, 110798, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110798>.



Valentin C., Dochain D., Jallut C., Dos Santos Martins V., "Representation of a Continuous Settling Tank by Hybrid Partial Differential Non Linear Equations for Control Design", World congress IFAC 2020, Berlin

DOS SANTOS MARTINS V., RODRIGUES M., DIAGNE M., "A Multi-Models approach of Saint-Venant's equations: a stability study by LMI", International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS), Volume 22, 2012, Numéro 3, pp 539-550.

DOS SANTOS MARTINS V., RODRIGUES M., WU Y., "Design of a PI Control using Operator Theory for Infinite Dimensional Hyperbolic Systems", TCST-2013-0381, Vol 22, Issue 5, 2014, DOI 10.1109/TCST.2014.2299407.

DOS SANTOS MARTINS V., WU Y., ABERKANE S., RODRIGUES M., "LMI & BMI Technics for the Design of a PI Control for Irrigation Channels", ECC 2013, Zurich

DOS SANTOS MARTINS V., RODRIGUES M., "Design of a PI Control using Operator Theory for Infinite Dimensional Hyperbolic Systems: Some numerical extension", SIAM Conference on Control and Its Applications, SIAM CT15, Maison de la Mutualité, Paris, France, on July 8-10, 2015