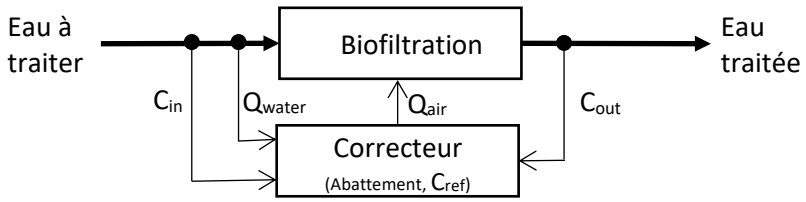
Stage de Master 2 ou de fin d'études ingénieur

Intitulé du stage :
Développement d'une loi de commande GPC pour le procédé de biofiltration de la station d'épuration Seine Aval

Le contexte :
Ce stage est financé dans le cadre du programme de recherche Mocopée regroupant des organismes de recherche et le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP).

Pour respecter la réglementation du domaine du traitement des eaux résiduaires urbaines, le SIAAP a investi dans des procédés d'épuration intensifs et performants sur ses stations d'épuration. À ce titre, la majorité des eaux traitées sur la station Seine Aval (5,5 millions d'équivalents habitants) s'effectue par biofiltration. Or, le besoin en oxygène des bactéries nécessite d'aérer fortement le procédé. Cette aération étant un des principaux postes de consommation électrique sur la station, il est nécessaire de l'optimiser le mieux possible, en évitant de mettre trop ou trop peu d'air en fonction des objectifs de traitement et des charges de pollution en entrée du procédé.

La boucle de régulation de l'aération du procédé de biofiltration peut être représentée sous la forme schématique suivante :



où le procédé est vu comme un système présentant une sortie, la concentration sortante en azote ammoniacal C_{out}, et trois entrées, le débit d'air Q_{air}, le débit d'eau Q_{water} et la concentration entrante en azote ammoniacal C_{in}. Le correcteur doit permettre la régulation de C_{out} afin de respecter la consigne d'abattement liée à C_{ref}. Il s'agit donc de calculer périodiquement le signal de commande Q_{air} dans un contexte de forte non linéarité liée au point de fonctionnement fixé par Q_{air}, Q_{water} et C_{in}.

L'un des outils d'aide à l'optimisation sur lequel a travaillé le SIAAP est la modélisation mathématique du procédé de biofiltration. Ce travail a permis le développement d'un simulateur représentant le fonctionnement des biofiltres nitrifiants de Seine Aval (SimBio).

Enfin, une unité pilote de biofiltration est à disposition pour les tests sur le site de la station Seine Aval.

Le sujet :
L'objectif du stage est de développer une loi de commande GPC (*Generalized predictive control*) où le caractère non linéaire du procédé est traité par une procédure d'estimation récursive avec un horizon glissant. L'avantage est que cette approche ne requiert pas d'identification explicite du système, la loi de commande étant directement dérivée du comportement entrée-sortie du procédé.

Le stage portera sur :

- La découverte du procédé de biofiltration et du simulateur SimBio ;
- L'étude et la mise en œuvre de l'approche de commande GPC. Les développements seront testés sur le simulateur avant d'être implantés dans l'automate de l'unité pilote ;
- Une phase de tests sur le pilote nécessitera un séjour sur le site de la station Seine Aval.

Un travail préliminaire a conduit à la communication suivante :

Yasmine Siahmed, Régis Ouvrard, Driss Mehdi, Thierry Poinot, Ahlem Filali and Younes Ajeddig, 2025. *Implicit Generalized Predictive Control of a Wastewater Treatment Plant: Application to a biofiltration process simulator*. IEEE 2025 13th International Conference on Systems and Control, Marrakesh, Morocco

Lieu et environnement du stage :
Le lieu de stage est le laboratoire LIAS à l'Université de Poitiers. Le ou la stagiaire se rendra autant que de besoin au SIAAP (Colombes) et à la station Seine Aval.

Profil recherché :
Étudiant.e de Master 2 ou d'école d'ingénieurs (stage de fin d'études) dans le domaine de l'Automatique ou du Génie des procédés.
Le ou la stagiaire doit disposer des qualités suivantes :

- Compétences en automatique (contrôle-commande) ;
- Compétences en programmation sur des logiciels tels que Matlab, Python, Scilab ;
- Un bon niveau en français et en anglais est fondamental.

Encadrement :
Driss Mehdi & Régis Ouvrard (LIAS – Université de Poitiers)

Employeur :
Université de Poitiers

Indemnités de stage :
Environ 625€ par mois.
Prise en charge des déplacements entre Colombes, Paris et Poitiers.

Candidatures par mail :
Envoyer CV, lettre de motivation, liste des enseignements suivis et notes obtenues en Master/Ecole d'ingénieurs à regis.ouvrard@univ-poitiers.fr

Date limite :
Le 1er décembre 2026