

# 2SC5293 - Supervision avancée de la production de biogaz à partir de déchets

Responsables : **Julien COLIN**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **40**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **24**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

## Présentation, objectifs généraux du cours :

La digestion anaérobie est un procédé naturel de dégradation de substance organique par des microorganismes (bactéries et archaea) en l'absence d'oxygène (conditions anaérobies). Ce procédé permet de récupérer une fraction de l'énergie contenue dans les déchets sous forme de biogaz, mélange de méthane et de CO<sub>2</sub>. La généralisation de ces technologies permettrait d'une part de réduire considérablement la demande énergétique nécessaire pour traiter les déchets (10% de l'énergie utilisée sur la planète) mais pourrait à terme constituer une source d'énergie.

Le procédé de digestion anaérobie est toutefois complexe, et implique plusieurs centaines d'espèces de microorganismes. Par ailleurs, il est instable, et des composés intermédiaire (acides gras volatils) peuvent, dans certaines conditions s'accumuler et conduire à l'arrêt total du réacteur. Pour éviter ce type d'accident, un suivi très précis et coûteux est nécessaire.

L'objectif de l'EI est de proposer et développer des stratégies de supervision et de contrôle pour réduire le risque d'acidification du réacteur et pour optimiser la production d'énergie à partir des déchets.

## Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

ST5

## Prérequis :

Il n'y a pas de prérequis spécifique.

## Plan détaillé du cours (contenu) :

Les élèves devront tout d'abord comprendre un modèle de digestion anaérobie qui sera fourni et le simuler pour différentes conditions. Ils devront notamment simuler l'acidification du réacteur en conditions de trop forte charge du réacteur. Ils doivent proposer un simulateur avec un modèle simple pour ce système complexe, pour les besoins de la mise en œuvre des lois de commande et d'estimation.

Dans un second temps, ils devront développer des observateurs pour évaluer certains composés intermédiaires, et en particulier les acides gras volatils. Il est souhaitable qu'une dynamique d'auto-calibration soit introduite pour prendre en compte les dérives lentes de certains paramètres du modèle.

D'autres groupes utiliseront les modèles pour développer des stratégies de commande. Différentes approches seront mises en œuvre (par exemple PID, commande par retour d'état).

Au final, un superviseur sera proposé en associant un (ou des) observateur(s) à une loi de commande. Les performances des différents superviseurs seront comparées pour différents scénarii de fonctionnement du réacteur.

## Déroulement, organisation du cours :

Les étudiants seront répartis en groupe. Le projet sera réalisé en organisant le travail en interne de chaque groupe afin d'aborder les différentes thématiques du cahier des charges . Des outils analytiques et numériques devront être mis en œuvre par les élèves afin de répondre aux problèmes soulevés.

Les hypothèses et données considérées devront être questionnées; ces éléments amèneront notamment les élèves à devoir itérer sur leurs choix de conception afin d'obtenir des solutions pertinentes.

## Organisation de l'évaluation :

L'évaluation se fera à partir d'un contrôle continu, rapport et d'une évaluation orale.

## Moyens :

- Simulateur complet du bioprocédé à étudier.
- Etat de l'art et documentation décrivant le bioprocédé.
- Encadrement : chercheurs de l'INRIA (Sophia-Antipolis), Enseignants-chercheurs de l'Ecole, avec contact régulier avec le partenaire industriel.
- Travail en groupe.

## Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A l'issue de cet enseignement, les élèves seront capables de :

- Modéliser un bioprocédé de culture d'un micro-organisme pour une application environnementale
- Concevoir des capteurs logiciels pour reconstruire les variables non disponibles en temps réel
- Concevoir des lois de commande pour maintenir le système à des conditions souhaitées de fonctionnement (pH, température, concentrations, etc), pour maximiser la productivité du bioprocédé
- Analyser la solution proposée (y compris analyse économique et empreinte écologique) et être critique vis-à-vis des résultats obtenus.

## Description des compétences acquises à l'issue du cours :

- C1.1, Analyze: study a system as a whole, the situation as a whole. Identify, formulate and analyze a system within a transdisciplinary approach with its scientific, economic, human dimensions, etc.  
Milestone 1

- C1.2, Modeling: using and developing the appropriate models, choosing the correct modeling scale and the relevant simplifying assumptions. Milestone 2
- C2.3, Identify and independently acquire new knowledge and skills. Milestone 2
- C4.2, Propose one or more solutions answering the question rephrased in terms of value creation and complemented by the impact on other stakeholders and by taking into account other dimensions. Quantify the value created by these solutions. Arbitrate between possible solutions. Milestone 1
- C6, Advance and innovate in the digital world
- C7.1, Basically: Structure ideas and arguments, be synthetic (assumptions, objectives, expected results, approach, and value created). Milestone 2
- C7.2, On the relationship with others: Understand the needs and expectations of his interlocutors evolutionarily. Encourage interactions, be a teacher, and create a climate of trust. Milestone 2

## Bibliographie :

- Anaerobic Digestion Model No. 1, IWA Publishing, 2002.
- Dynamical model development and parameter identification for an anaerobic wastewater treatment process, O. Bernard et al., Biotechnology and bioengineering, 75(4), 424-438, 2001.
- Nonlinear adaptive control for bioreactors with unknown kinetics, L. Mailleret, O. Bernard, and J.-P. Steyer, Automatica, 40(8), 1379-1385, 2004.
- On-line Estimation and Adaptive Control of Bioreactors, G. Bastin, D. Dochain, Elsevier, 1990.
- Automatic Control of Bioprocesses, éditeur D. Dochain. Wiley-ISTE, 2008.