

Optimisation du fonctionnement d'un épurateur pour la méthanisation

Victor Bertret, Arnaud Tournier

Purecontrol, 68 Avenue Sergent Maginot, 35000 Rennes
prenom.nom@purecontrol.com

Mots-clés : *commande prédictive, optimisation, méthanisation.*

1 Introduction

La méthanisation, processus de conversion de biomasse en gaz, offre une solution prometteuse pour les micro-réseaux industriels à la recherche de sources d'énergie renouvelable et d'une forme de stockage d'énergie, assimilable à une batterie [4, 5]. Cette technologie trouve notamment application dans le traitement des boues des stations d'épuration municipales ou industrielles, transformant ainsi un sous-produit en une ressource énergétique précieuse.

La méthanisation se divise en deux phases distinctes : la production et la valorisation du biogaz. La production, réalisée dans un digesteur, génère du biogaz stocké dans un réservoir appelé ciel gazeux. La valorisation du biogaz peut prendre différentes formes, dont la cogénération (production simultanée de chaleur et d'électricité) et l'épuration (production de biométhane injectable dans le réseau GRDF). Ces étapes sont représentées sur la Figure (1) en utilisant le processus d'épuration. Bien que des optimisations soient envisageables à chaque étape, cette étude se concentre initialement sur la phase d'épuration, en supposant une modélisation préalable de la production de biogaz.

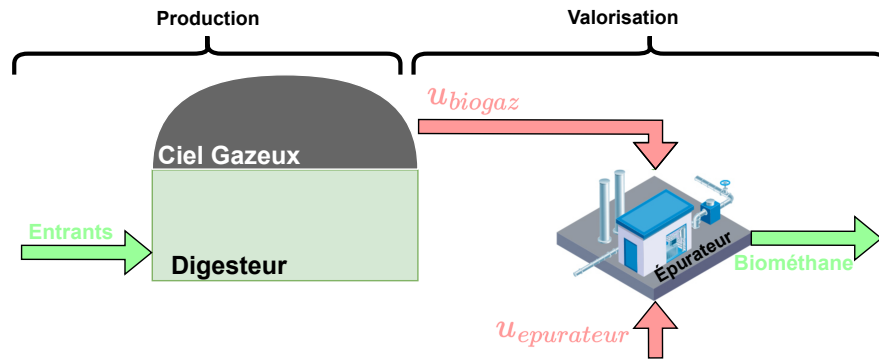


FIG. 1 – Schéma explicatif de la méthanisation. Les variables u_{biogaz} (débit de biogaz) et $u_{epurateur}$ (état de l'épurateur) représentent les deux actions nous permettant de contrôler le système.

L'épurateur, élément clé de la valorisation, nécessite de l'électricité pour transformer le biogaz en biométhane. Cette étude, effectuée en collaboration avec l'entreprise Nevezus [1] dans le cadre du projet *Biogaz-IA*, se focalise sur une installation réelle basée à Iffendic, dans laquelle le biométhane est par la suite revendu à GRDF. Toutefois, son utilisation peut être envisagée comme source d'énergie alternative dans d'autres sites de production. Pour optimiser cette étape, il est essentiel de minimiser les coûts liés à l'épurateur tout en maximisant les revenus de vente du gaz à GRDF.

2 Optimisation de l'épuration du biogaz

Cette étude se concentre sur l'optimisation du fonctionnement de l'épurateur à l'aide d'une approche de *Model Predictive Control* (MPC) [3], résolvant un problème d'optimisation à horizon fini avec une fenêtre glissante. L'objectif est de réguler le débit de biogaz et l'activation de l'épurateur, visant à maximiser les revenus de revente tout en minimisant les coûts énergétiques. Le tarif de revente du gaz est constant, mais le tarif de l'électricité varie entre le jour et la nuit. Des modèles linéaires ont été initialement utilisés pour représenter certaines dynamiques du système, suivis d'une modélisation MILP intégrant des contraintes métier, de sécurité et liées au système étudié. Le problème est résolu sur un horizon de 3 jours avec un pas de temps de 10 minutes, réévalué toutes les 10 minutes, avec un temps d'exécution maximum de 5 minutes.

Les résultats obtenus sur l'installation réelle montrent que la modélisation intègre de manière rigoureuse les contraintes métier, démontrant une réduction significative des dépenses énergétiques et une amélioration de la stabilité opérationnelle.

3 Conclusions et Perspectives

Cette optimisation offre des bases prometteuses pour l'intégration réussie de la méthanisation dans les micro-réseaux industriels. Les résultats obtenus, satisfaisants en termes de réduction des coûts et d'amélioration de la stabilité opérationnelle, posent des fondations solides pour des développements futurs.

Dans une perspective élargie, dans un premier temps, l'hypothèse d'un prix constant du gaz racheté par GRDF pourrait être réévaluée, considérant le ciel gazeux comme une forme de stockage d'énergie et rendant l'utilisation du gaz plus flexible en fonction des variations de prix d'autres sources d'énergie. Dans un second temps, la modélisation déterministe de la production de biogaz présente des limites. L'introduction de la stochasticité dans ce processus pourrait considérablement améliorer la résilience du système face aux variations de la production. Cette approche ouvre la voie à des alternatives au MPC, telles que la Stochastic Dual Dynamic Programming (SDDP) [2].

En conclusion, cette étude initiale offre des perspectives intéressantes pour l'intégration de la méthanisation dans les micro-réseaux industriels, avec la possibilité d'affiner et d'étendre ces résultats dans des futures recherches.

Références

- [1] Nevezus innovation. <https://www.nevezus-innovation.com/>.
- [2] John R. Birge. Decomposition and partitioning methods for multistage stochastic linear programs. *Operations Research*, 33(5) :989–1007, 1985.
- [3] James Blake Rawlings, David Q. Mayne, and Moritz Diehl. *Model predictive control : theory, computation, and design*. Nob Hill Publishing, Madison, Wisconsin, 2nd edition edition, 2017.
- [4] Stefan Rönsch, Jens Schneider, Steffi Matthischke, Michael Schlüter, Manuel Götz, Jonathan Lefebvre, Praseeth Prabhakaran, and Siegfried Bajohr. Review on methanation – from fundamentals to current projects. *Fuel*, 166 :276–296, 2016.
- [5] Tanja Schaaf, Jochen Grünig, Markus Roman Schuster, Tobias Rothenfluh, and Andreas Orth. Methanation of co2 - storage of renewable energy in a gas distribution system. *Energy, Sustainability and Society*, 4(1) :2, Dec 2014.