

# Optimisation de schémas d'exploitation pour des réseaux de distribution de gaz : méthode, implémentation et validation

Yacine GAOUA<sup>1</sup>, Nicolas VASSET<sup>1</sup>, Frank GOETGHELUCK<sup>2</sup>, Benjamin METZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, 50 avenue du Lac Léman, 73370

Le Bourget du Lac

{yacine.gaoua,nicolas.vasset}@cea.fr

<sup>2</sup> Gaz Réseau Distribution de France, Adresse, 75009 Paris

{frank.goetgheluck,benjamin.metz}@grdf.fr

**Mots-clés** : Réseaux énergétiques, Optimisation non linéaire avec entiers, approches par décomposition hiérarchique

## 1 Introduction et objectifs

En France, la fourniture de gaz naturel s'opère principalement par la mobilisation d'un réseau de transport national, alimentant lui-même un grand nombre de réseaux de distribution ; ceux-ci s'étendent sur une maille territoriale de taille variable. Le pilotage opérationnel de ces réseaux de distribution nécessite la mise en œuvre de schémas d'exploitation sur une échelle saisonnière ou annuelle, permettant la satisfaction de contraintes d'opération et garantissant une fourniture adéquate au parc de consommation. Afin de rationaliser cette étape et de sécuriser les choix effectués, des outils de simulation réseau, incluant notamment une modélisation géographique détaillée du réseau en jeu, sont utilisés pour appréhender l'opération réelle.

Ces réseaux de distribution accueillent aujourd'hui de manière croissante une production décentralisée dite non fossile, correspondant à de nouveaux acteurs dans ce segment énergétique, et qu'on regroupera sous le terme de biométhane [1]. Le foisonnement de tels acteurs et la perspective de l'accélération de cette tendance amène une complexité importante sur la procédure de réglage préalablement manuelle. L'enjeu de ces travaux est de proposer une méthodologie, basée sur des outils de recherche opérationnelle, permettant de systématiser la détermination de schémas d'exploitation sur ces réseaux. L'optimalité des réglages à obtenir sur des réseaux de grande taille (>10000 arcs) est notamment évaluée sur la base de différents critères quantitatifs, en sus de contraintes métier opérationnels :

- La maximisation de la quantité de biométhane injectable sur le réseau considéré
- La capacité à fournir un réglage unique pour tous les postes réseau pour un ensemble de scénarios climatiques, typiquement saisonniers
- La possibilité d'éteindre le maximum de postes de production hors biométhane sur l'exploitation
- La possibilité de maximiser une réserve de pilotage en pression pour la gestion dynamique de l'opération.

Un verrou scientifique préalablement identifié est la capacité d'une telle approche à résoudre des problèmes de grande taille [2].

## 2 Conception et validation d'un outil de calcul pour le réglage optimal des réseaux

L'approche entreprise pour la mise en œuvre d'un outil accomplissant ces objectifs se résume de la manière suivante :

- Un formalisme pour l'import automatique, puis la formalisation d'un modèle réseau exploitable pour l'optimisation non-linéaire est implémenté et testé ; sur la base d'une

modélisation existante à destination d'outils de modélisation fluide, un modèle générique d'optimisation non linéaire pour les réseaux de gaz est paramétré, représentant de manière détaillée la structure topologique du réseau, et détaillant les contraintes physiques et opérationnelles en découlant. En particulier, les équations détaillées de perte de charge fluide sont décrites, ainsi que toutes les caractéristiques des postes réseau et organes de coupure réseau.

- Le problème d'optimisation ainsi formulé est résolu pour chaque scénario de manière itérative, mobilisant notamment une approche de décomposition hiérarchique. Cette formulation spécifique du problème réseau assure notamment une performance de calcul permettant d'aborder des problèmes de taille très conséquente, correspondant aux besoins opérationnels des exploitants. Le problème est résolu en utilisant notamment le solveur commercial Artelys Knitro [2]
- Un deuxième niveau d'optimisation permettant de déterminer un réglage en exploitation commun à plusieurs scénarios climatiques est mis en œuvre, s'appuyant sur le même niveau de modélisation et sur les résultats des problèmes dits mono-scénario et décrits ci-dessus
- Les résultats de l'optimisation sont ensuite validés dans l'outil industriel de simulation aujourd'hui déployé chez l'exploitant, permettant de confirmer sa pertinence en conditions opérationnelles.

L'ensemble de la démarche a été validé sur 10 exploitations réelles (jusqu'à 25000 arcs décrits pour une exploitation), et permet de fournir un réglage opérationnel satisfaisant les critères décrits dans la section précédente. L'exploitation de ces résultats, sous forme graphique réseau ou directement comme consigne terrain pour l'exploitant, permet de systématiser cette recherche de réglage commun pour des réseaux de distribution avec des sources de production multiples.

### 3 Conclusions, perspectives

Une approche complète de recherche de schéma d'exploitation optimal, incluant notamment la maximisation de la quantité de biométhane injecté, a été mise en œuvre et validée sur des cas à l'échelle pour le réglage des réseaux de distribution de gaz. Les performances obtenues permettent d'ores et déjà d'envisager un déploiement opérationnel de cet outil. Des axes d'amélioration et d'ouverture pour cet outil se concentrent sur l'inclusion d'incertitudes sur les sources de production et les profils de consommation, ainsi que sur l'ajout de variables de décision supplémentaires (opération des postes de rebours notamment).

### Références

[1] <https://www.grdf.fr/gaz-vert/reseau-gaz/sites-injection-biomethane-france>

[2] R. Z. Ríos-Mercado and C. Borraz-Sánchez, "Optimization problems in natural gas transportation systems: A state-of-the-art review," *Applied Energy*, vol. 147, pp. 536–555, Jun. 2015

[3] <https://www.artelys.com/fr/solveurs/knitro/>