

# La longueur de doublement comme paramètre de renforcement des réseaux de transport gazier

Victorin MARTIN<sup>1</sup>, Sławomir PIETRASZ<sup>1</sup>, Laurent CORNIBERT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CRIGEN DETI-PSO ; GDF-SUEZ ; 361 av. du Président Wilson, 93210 Saint-Denis-La-Plaine, France  
slawomir.pietrasz@gdfsuez.com

<sup>2</sup> GRTgaz, Courcellor 1-2 Rue Curnonsky, 75017 Paris, France  
laurent.cornibert@grtgaz.com

**Mots-Clés** : *optimisation non linéaire, réseaux gaziers, méthode de descente, critères métiers.*

## 1 Introduction

Face à la croissance de la consommation en certains points, les réseaux régionaux de transport de gaz ont besoin d'être renforcés. L'ingénieur d'étude établit des propositions de renforcement (sélection de canalisations et de diamètres de doublement) puis détermine le meilleur plan d'investissement pour tenir compte des contraintes économiques à long terme (minimiser les coûts) et des engagements légaux et contractuels. Ce problème est actuellement combinatoire : choix d'un diamètre de doublement discret par canalisation. Nous proposons de le rendre continu par l'introduction d'un nouveau paramètre : la longueur. En effet, nous souhaitons lever la contrainte de renforcer l'intégralité d'une canalisation pour pouvoir doubler seulement des portions de celle-ci. Les contraintes correspondant à l'état physique du réseau (répartition des pressions et débits sur celui-ci) sont non-linéaires. Dans une approche inspirée de [1], nous les remplaçons par un sous problème qui associe un état du réseau à un renforcement donné. Les contraintes restantes sont les bornes sur les pressions : elles correspondent à la désaturation du réseau. Sous certaines hypothèses le renforcement optimal sur une canalisation, pour une perte de charge donnée, est constitué d'au plus deux diamètres « consécutifs ». Nous présentons donc ici une méthode proposant des renforcements à deux diamètres par canalisation.

## 2 Variation locale des pressions sur le réseau

Nous avons démontré, dans le cas de pertes de charges simplifiées, que débits et pressions sont des fonctions  $C^1$  du renforcement. Différentier les équations d'état du réseau par rapport à ces renforcements nous conduit à obtenir le gradient de pression comme solution d'un système linéaire mal conditionné. Pour améliorer la qualité du résultat numérique nous agissons en amont et en aval de la résolution. Tout d'abord nous avons tenu compte de dépendances plus fines au niveau des pertes de charges ; ceci engendre des perturbations sur le système à résoudre. Nous avons ensuite déterminé certaines indépendances entre le renforcement sur une canalisation et la pression en un noeud ; ceci nous permet d'annuler, a posteriori, certaines composantes du gradient de pression.

## 3 Réduire le coût de renforcement : le pas de descente comme solution d'un programme linéaire

Etant donné un renforcement du réseau désaturant le réseau on se pose la question suivante : *Comment obtenir un nouveau renforcement de coût inférieur désaturant lui aussi le réseau ?* Le renforcement sur une canalisation est constitué de deux diamètres de doublement, la fonction coût

est donc linéaire par morceaux et convexe, ses dérivées sont connues. Nous cherchons à maximiser la réduction du coût de renforcement qui est une fonction linéaire du pas. Le pas de descente reste borné par une zone de confiance. Nous imposons à la différentielle du vecteur pression, connue grâce à la détermination du gradient, de rester entre les bornes de pressions admissibles. Le nouveau renforcement obtenu est alors soumis à un calcul d'état du réseau : s'il conduit à une saturation, nous réduisons la zone de confiance puis déterminons un nouveau pas candidat. Nous itérons ce processus jusqu'à obtenir un point admissible ou ne plus obtenir de diminution significative du coût.

## 4 Critères métiers : une brique de post-traitement

L'optimisation nous conduit parfois à des solutions dont la pertinence technique pour l'ingénieur d'étude est faible. Néanmoins, tenir compte de certains de ces critères lors de l'optimisation s'avère trop contraignant et bloque l'algorithme. Nous avons donc intégré trois options de post-traitement de la solution obtenue. La première consiste à rassembler les renforcements sur des canalisations successives d'après le critère suivant : « *Renforcer à l'amont est bénéfique en terme de pression à l'aval* ». La deuxième impose des longueurs minimales de renforcements, et enfin la dernière permet à l'ingénieur de reconvertir des propositions de renforcements partiels en renforcements complets lorsqu'il le souhaite.

## 5 Comparaison avec une méthode exacte du problème discret

Sur les réseaux arborescents et mono-source, une méthode par programmation dynamique *FusAdEL* permet d'obtenir l'optimum pour des renforcements sur toute la longueur par un unique diamètre. Nous comparons les résultats obtenus par *FusAdEL* et notre méthode *Algol2ic*. Le point initial choisi pour *Algol2ic* est obtenu à partir d'une solution du problème avec un seul diamètre de doublement continu par canalisation.

Réseau	nb <sub>canalisations</sub>	Coûts (k€)		Gains
		<i>FusAdEL</i>	<i>Algol2ic</i>	%
A	36	16742	16277	-2.9
B	47	3183	3115	-2.1
C	50	263126	217138	-17.5

## 6 Conclusion & perspectives

La méthode développée fonctionne sur tout type de réseau, au contraire de *FusAdEL*, et permet de réduire dans 9 cas sur 10 le coût de renforcement. Le coût n'est qu'une indication pour l'ingénieur d'étude et l'on se réjouira en particulier de lui proposer des structures de renforcements différentes ayant des coûts proches. Nous remarquons cependant que le renforcement obtenu dépend de la qualité du point initial, en ce sens *Algol2ic* peut être vue comme une méthode de descente locale. La méthode a été adaptée à la satisfaction conjointe de deux scénarios de consommation et pourrait l'être à un plus grand nombre de scénarios.

## Références

- [1] Jianzhong ZHANG & Detong ZHU. A Bilevel Programming Method For Pipe Network Optimization. *SIAM*, 1996.
- [2] Slawomir PIETRASZ, Miguel ANTUNES & Laurent CORNIBERT. The Problem of Reinforcing Regional Gas Transmission Networks : A Performance Study of Three Optimization Methods. *EngOpt*, 2008.