

# Aide à la gestion d'un terminal méthanier multi-expéditeurs

Vincent Chevallier<sup>1</sup>, Benoît Labaune<sup>2</sup>, Ruben Paraisy<sup>1</sup>, Anna Robert<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GDF SUEZ ; Direction de la Recherche et de l'Innovation ; 361, av. du Président Wilson, F-93210  
Saint-Denis La Plaine, France

{vincent.chevallier,ruben.paraisy,anna.robert}@gdfsuez.com

<sup>2</sup> Société du Terminal Méthanier de Fos-Cavaou ; 22, rue Marius AUFAN, F-92300 Levallois-Perret, France  
benoit.labaune@cavaou-gnl.com

**Mots-Clés :** *Gaz Naturel Liquéfié, terminal méthanier, programmation linéaire en variables mixtes.*

## 1 Le terminal méthanier multi-expéditeurs de Fos-Cavaou

### 1.1 Contextes industriel et réglementaire

Le transport de Gaz Naturel Liquéfié (GNL) par méthanier offre une alternative flexible au transport par pipeline. Il permet aux compagnies de diversifier leurs sources d'approvisionnement, et constitue un atout majeur dans le contexte énergétique actuel. Les méthaniers déchargent leur cargaison de GNL dans des terminaux méthaniers qui stockent, regazéifient et émettent sur le réseau de transport le gaz naturel. GDF SUEZ et Total ont conjointement investi dans le terminal de Fos-Cavaou, situé à Fos-sur-Mer, qui présente la particularité d'être ouvert à plusieurs expéditeurs : différentes compagnies peuvent donc décharger du GNL dans le terminal et le récupérer en sortie sous forme gazeuse.

Les conditions techniques d'utilisation d'un tel terminal sont complexes. De nombreuses contraintes physiques doivent être respectées. En sus, les conditions commerciales relatives à l'accès au terminal définissent des règles strictes régissant le service rendu aux expéditeurs. Il s'agit non-seulement du stockage et des émissions de gaz, mais aussi de la flexibilité offerte sur les émissions de chaque expéditeur. Ces règles se doivent d'être transparentes et non-discriminatoires.

### 1.2 Fonctionnement du terminal

Pour des raisons physiques l'émission de gaz du terminal doit se trouver dans une plage de débit, à sélectionner parmi un ensemble de plages disjointes, correspondant aux régimes de fonctionnement des pompes haute pression. De plus la quantité totale de gaz en stock est bornée supérieurement, et une marge de sécurité est aussi imposée sur le niveau minimal. D'un point de vue contractuel, la répartition des émissions entre expéditeurs doit être équitable (celui qui décharge le plus se voit attribuer la plus grande part de l'émission), et l'émission du terminal doit être la plus régulière possible (la plus lisse dans le temps). La mutualisation de différents expéditeurs au sein d'un même terminal permet un meilleur lissage des émissions, même quand les déchargements d'un expéditeur sont irréguliers.

De part leur complexité, ces principes physiques et contractuels peuvent difficilement être mis en œuvre manuellement. Ils ont donc été interprétés d'une manière formelle afin de les décliner en modèles mathématiques d'aide à la décision. Ces modèles ont été implantés dans un logiciel, pour vérifier dans un premier temps leur compatibilité avec le contrat, puis avec la gestion opérationnelle quotidienne.

## 2 Planification journalière sur un trimestre des émissions

Le premier problème à traiter consiste en l'élaboration d'un planning d'émission trimestriel à la maille journalière, pour chaque expéditeur, étant donné un programme d'arrivées de méthaniers.

Le premier modèle mathématique formulé pour exprimer le problème brut a conduit à un programme quadratique avec contraintes quadratiques et variables mixtes. En effet, selon le contrat la variance des émissions journalières du terminal devait être minimisée. Le terme quadratique présent dans les contraintes provient, lui, du fait que l'on cherche à déterminer simultanément l'émission journalière totale du terminal et sa répartition entre les expéditeurs. Ces variables sont donc multipliées entre elles pour exprimer l'émission d'un expéditeur en particulier. Enfin, les variables entières proviennent de l'affectation d'une plage de débit d'émission pour l'émission totale journalière.

Face à la difficulté rencontrée pour résoudre ce problème, différentes pistes de simplification ont été explorées. Au final, le modèle retenu repose principalement sur deux idées. D'une part le calcul se fait en deux étapes : calcul de l'émission globale du terminal puis répartition entre les expéditeurs. Ceci a permis d'éliminer les contraintes quadratiques. D'autre part la variance a été remplacée par un critère linéaire de lissage des émissions. Il s'est avéré que cette formulation produisait de meilleurs résultats d'un point de vue opérationnel. Ce modèle sert de base à ceux des calculs intramensuels décrits ci-après.

## 3 Calculs intramensuels

Le planning d'émission trimestriel est réalisé en début de chaque mois, mais différentes opérations peuvent être réalisées en cours de mois.

### 3.1 Révision des émissions en cas d'événements imprévus

De nombreux changements d'hypothèses surviennent en cours de mois, notamment en ce qui concerne les arrivées des méthaniers (annulation ou ajout) ou des changements de caractéristiques du terminal ou du réseau de transport (réduction de la capacité d'émission suite à des maintenances sur les installations, par exemple). Il est alors nécessaire d'adapter le planning en le modifiant le moins possible. De plus, si un expéditeur a modifié son planning d'arrivées de méthaniers, il faut en minimiser l'impact sur les autres expéditeurs dits "non-fautifs". Cette opération, dite de "révision des émissions", est réalisée par l'optimisation successive de deux programmes linéaires en variables mixtes : minimisation de l'impact sur les non-fautifs puis, en second lieu, minimisation de l'impact sur l'expéditeur fautif.

### 3.2 Calcul de flexibilités

Les expéditeurs peuvent demander des modifications à la hausse ou à la baisse de leurs émissions prévues pour le mois en cours, dans certaines limites appelées flexibilités. Le gestionnaire du terminal doit régulièrement calculer et communiquer ces flexibilités aux expéditeurs. Ce calcul doit respecter le principe suivant : une demande de modification respectant une flexibilité doit toujours être réalisable sans perturber les émissions des autres expéditeurs et sans remettre en cause la pérennité du planning d'émission.

La méthode retenue est un algorithme faisant intervenir pour chaque jour considéré et chaque expéditeur la résolution de deux problèmes d'optimisation linéaire en nombres entiers.

## 4 Conclusion et extensions envisagées

L'objectif était de bâtir des modèles respectant le contrat de gestion et pouvant s'insérer dans un processus opérationnel demandant parfois une grande réactivité. L'atteinte de cet objectif a été entérinée par la validation du gestionnaire et des expéditeurs.

Différents modules d'aide à la décision susceptibles de faciliter la gestion du terminal sont d'ores-et-déjà évoqués dans le cadre de la réalisation d'évolutions.