

Optimisation du système d'ordonnancement de l'oléoduc d'ENAP

Martin Quinteros¹, Monique Guignard², Andres Weintraub³, Marc Llambias¹

¹ Empresa Nacional de Petroleo (ENAP), Av. Vitacura 2746, Las Condes, Santiago, Chile

{mquiterosg, mllambias}@enap.cl

² Univ. of Pennsylvania, Wharton School, OID Dept., 3730 Walnut Street, Philadelphia, PA 19104, USA

guignard_monique@yahoo.fr

³Universidad de Chile, DII, República 701, Santiago, Chile

aweintra@uchile.dii.cl

Mots-clés : *Recherche opérationnelle, optimisation dans les réseaux, gestion d'un oléoduc pétrolier*

Introduction

Dans l'industrie pétrolière et gazière, la distribution de produits pétroliers raffinés est un aspect crucial de la chaîne d'approvisionnement. Dans cette présentation, nous considérons un problème qui se pose à ENAP, la compagnie nationale pétrolière du Chili. Il s'agit d'optimiser la distribution de six produits pétroliers différents provenant d'une raffinerie (le point de départ de l'oléoduc) pour satisfaire aux demandes de clients situés le long du parcours. Il faut déterminer dans quel ordre envoyer ces produits, ainsi que la quantité à injecter à l'origine en tenant compte du temps d'arrivée aux points de vente et du volume à livrer à chaque client. Pour chacun produit, il y a des limites à respecter quant au volume envoyé. La nature combinatoire de ce problème nous a conduits à le modéliser par programmation en nombres entiers. Le système que nous avons développé est utilisé par la compagnie et permet de réaliser des économies importantes, tant en ce qui concerne les coûts d'exploitation que les pénalités pour retards de livraison.

1 Description du problème

Nous considérons un oléoduc de 650 kms qui part de la raffinerie BioBio d'ENAP, située dans le sud du Chili, et passe par 3 sites clients situés, du sud vers le nord, à Chillan (CHI), Linares (LIN) et San Fernando (SF). Le problème consiste à déterminer l'ordre et les quantités de produits pétroliers raffinés à injecter dans l'oléoduc et à soutirer ensuite en temps voulu pour satisfaire aux demandes des clients. Il y a un client par site.

Chaque lot injecté à l'origine doit être déterminé en tenant compte de son temps d'arrivée aux sites clients et du volume que chaque client va soutirer. Il y a 6 produits à injecter dans l'oléoduc, et il y a des limites quant au volume de chaque lot, et des dates limites de livraison. L'horizon de planification est un mois complet pendant lequel la demande de chaque client pour chaque produit est satisfaite par la somme des volumes partiels de tous les lots de ce produit livrés au client.

Une caractéristique qui rend ce problème très spécial est le fait que les lots consécutifs de différents produits se suivent sans séparation, et la fin d'un lot est en contact direct avec le début du lot suivant. Le volume de produits en contact (l'interface) doit être ensuite retraité en raffinerie.

2 Méthode de résolution

Nous avons modélisé ce problème sous forme de programme linéaire à variables continues et 0-1. Les variables 0-1 définissent quels produits allouer à chaque lot entrant dans l'oléoduc, et les

variables continues le volume de produit sélectionné pour chaque lot, son heure d'arrivée à chaque site client ainsi que la quantité à livrer. L'objectif est de minimiser le coût opérationnel global de l'oléoduc. Ceci inclue le coût de pompage et le coût de retraitement des mélanges entre deux lots, sous des contraintes telles que, entre autres, la satisfaction des demandes, un volume maximal à livrer chaque fois à chaque site client, et le maintien du niveau des stocks à LIN et SF entre un niveau minimum et un niveau maximum.

Ce problème a une certaine ressemblance avec le problème de « cutting stock ». En effet l'oléoduc est toujours plein de produits pétroliers, et chaque lot entrant essentiellement pousse les lots précédents dans l'oléoduc. Un lot peut être défini par deux coupes consécutives et la demande totale pour un produit est satisfaite par tous les lots contenant ce produit.

A présent, le problème est résolu par CPLEX sous GAMS. En plus de l'oléoduc, ENAP livre également par pétroliers à d'autres clients plus éloignés de la raffinerie. Nous travaillons maintenant sur une version intégrée du système de distribution maritime et par oléoduc.

3. Impact pour ENAP

Le modèle est maintenant utilisé de façon continue à ENAP, et les conséquences économiques et opérationnelles pour l'entreprise d'état chilienne sont importantes. Les deux principaux impacts du modèle sont liés à des coûts réduits de retraitement pour les lots d'interface et à moins de pénalités contractuelles à cause d'un meilleur ordonnancement des livraisons.

Pour les coûts opérationnels, ENAP devait en moyenne retraiter 1.500 m³ d'interface par mois. Depuis la mise en œuvre du modèle, ENAP ne retraite plus qu'environ 550 m³. Le retraitement coûtant \$ 100/m³, l'économie mensuelle est donc d'environ \$ 95.000, c'est-à-dire \$1.140.000 par an. Une meilleure planification permet par ailleurs d'économiser environ \$ 1,4 millions en pénalités contractuelles concernant les dates limites de livraison.

L'impact économique annuel est donc une réduction des coûts d'environ \$2,5 millions.

4. Conclusion

Nous présentons une approche nouvelle pour gérer le compromis entre d'une part la création d'un volume minimum d'interface à retraiter, ce qui conduit à la création de lots de grande taille de produits vendables, et d'autre part le risque de ne pas pouvoir livrer en temps les quantités requises dans les réservoirs le long de l'oléoduc. Ceci a amélioré le niveau de service à la clientèle et ENAP économise actuellement 2,5 millions de dollars par an en frais d'exploitation.

La façon dont l'ensemble de séquences possibles a été construit pour un oléoduc multi-produit est nouvelle et c'est une approche innovante pour réduire la dimension du problème. Sans cela, avec une demande pour six produits différents, une séquence de 10 lots donnerait plus de 60 millions de combinaisons possibles pour l'attribution des différents produits.

Références

- [1] M. Pinto, M. Joly and L.F.L. Moro. Planning and scheduling models for refinery operations. *Computers and Chemical Engineering*, 24, 2259-2276, 2000.
- [2] Heeman Lee, Jose M. Pinto, Ignacio E. Grossmann and Sunwon Park, Mixed-Integer Linear Programming Model for Refinery Short-Term Scheduling of Crude Oil Unloading with Inventory Management. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35(5), 1630-1641, 1996.
- [3] Susana Relvas, Henrique A. Matos, Ana Paula F. D. Barbosa-Póvoa, João Fialho and António S. Pinheiro, Pipeline Scheduling and Inventory Management of a Multiproduct Distribution Oil System, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45(23), 7841-7855, 2006.