

## **Consommation minimale d'énergie par le processus de distillation**

### **Entreprise**

CanmetÉNERGIE, Ressources naturelles Canada

### **Coordonnateur**

Fabian Bastin

Département d'informatique et de recherche opérationnelle

Université de Montréal

### **Coordonnateur associé**

Étienne Ayotte-Sauvé

CanmetÉNERGIE, Ressources naturelles Canada

### **Résumé**

La plupart des équipements présents dans une usine chimique (une raffinerie pétrolière, par exemple) ont pour but de purifier des matériaux. Par conséquent, une grande partie de l'énergie consommée dans de nombreux secteurs industriels peut être attribuée aux procédés de séparation. Ceux-ci ont pour but de séparer un mélange de plusieurs espèces chimiques en des produits ayant une pureté déterminée. Par exemple, un mélange composé de 50% de propane et de 50% de propylène provenant d'un forage pétrolier doit être traité via un procédé de séparation dans une usine pétrochimique pour qu'on obtienne des produits purs à 99%. Ceux-ci seront ensuite vendus à des industries fabriquant des produits dérivés (par exemple des plastiques ou du carburant).

Parmi toutes les technologies de séparation disponibles à ce jour, la distillation joue un rôle majeur dans la consommation d'énergie dans plusieurs industries. Par exemple, aux États-Unis, environ 18% de la consommation d'énergie totale dans le secteur manufacturier est attribuée au procédé de distillation. Étant donné que plusieurs tâches de séparation continuent à être effectuées à l'aide de ce procédé, les méthodes visant à minimiser l'énergie nécessaire pour accomplir une tâche de distillation donnée ont pris beaucoup d'importance dans les communautés industrielles et scientifiques. La récente hausse mondiale de la demande et des prix associés à l'énergie montre bien la pertinence de ce problème.

Le problème proposé dans le cadre de cet atelier consiste à déterminer la quantité minimale d'énergie nécessaire pour exploiter une colonne de distillation effectuant une séparation donnée. Il s'agit de la première étape abordée lors de la synthèse du procédé. En effet, de la consommation minimale d'énergie, un ingénieur peut déduire la consommation réelle de la colonne de distillation qu'il désire construire, ses caractéristiques physiques (par exemple sa hauteur), etc. Le problème proposé se traduit naturellement en problème

de programmation non linéaire mixte, où les variables discrètes correspondent à la hauteur de la colonne (c'est-à-dire au nombre d'étapes élémentaires constituant le procédé) et à la position de son flux d'alimentation; les variables continues correspondent aux débits, fractions molaires et températures des nombreux courants de matière impliqués.

Plusieurs obstacles se présentent lorsqu'on tente de résoudre ce problème directement. En effet, à part quelques exceptions associées à des mélanges exotiques, la consommation minimale d'énergie est obtenue asymptotiquement lorsque la hauteur de la colonne tend vers l'infini. Ainsi, le programme mathématique ne peut être résolu. Cette situation ne se présente pas si la fonction-objectif (représentant la consommation d'énergie) est remplacée par un critère économique tenant compte à la fois du coût de construction de la colonne (qui dépend notamment de sa hauteur) et de son coût en énergie. Par contre, un tel indicateur dépend du modèle économique utilisé, des données associées et de la période économique considérée. Par conséquent, le calcul de différents scénarios pour des tâches de séparation variant selon la demande et la situation économique peut s'avérer laborieux.

Au fil des années, les ingénieurs ont conçu de nombreuses approches pour tenter de résoudre le problème de la consommation minimale d'énergie. Celles-ci sont basées soit sur la géométrie sous-jacente au procédé, soit sur des concepts thermodynamiques. L'approche proposée ici est de tenter de résoudre le problème par la programmation mathématique, en essayant d'améliorer sa formulation et de trouver de nouvelles stratégies pour le résoudre.