

Problème d'ordonnancement de forages d'exploration sous incertitudes endogènes

Anna Robert¹

GDF SUEZ ; Direction de la Recherche et de l'Innovation ; 361, avenue du Président Wilson, F-93210
Saint-Denis La Plaine, France
anna.robert@gdfsuez.com

Mots-Clés : Ordonnancement, incertitude endogène, forage d'exploration d'hydrocarbures

1 Le forage d'exploration dans l'industrie des hydrocarbures

1.1 Contexte général, aspects géophysiques et commercial

En amont de la chaîne gazière, les activités d'exploration-production consistent à découvrir de nouveaux gisements de pétrole et de gaz naturel afin d'accroître les capacités de production. Un bassin peut contenir plusieurs "prospects" (un prospect est un projet unitaire pour un forage). Entre l'éventualité d'un premier forage d'un prospect et l'extraction des hydrocarbures du puits (dans le cas où le prospect présente des ressources), de nombreuses étapes sont nécessaires. Pour déterminer si une zone présente un potentiel en matière de présence d'hydrocarbures, une étude approfondie de la structure du sol par des géologues et des géophysiciens est réalisée, ainsi que des études sismiques. Une évaluation plus précise de ce potentiel peut alors être établie, et des données chiffrées relatives aux volumes en présence, ainsi qu'aux aléas associés, peuvent être calculées. Du point de vue de l'industriel, à la question du forage d'un prospect s'ajoute celle de l'investissement dans ce prospect. En effet, un industriel ne possède pas l'intégralité d'une licence pour forer un prospect mais choisit de participer à hauteur d'une certaine part dans cette licence. Cette part influence directement les coûts et les gains engendrés par le forage et l'exploitation (le cas échéant) d'un prospect, pour l'industriel participant.

1.2 Processus de travail suivi dans notre cas d'étude

On se place du point de vue d'un unique décideur dont le pouvoir de décision concerne chaque étape du processus décrit ci-dessus. Les prises de décision relatives aux forages dans différents bassins doivent conduire à l'établissement d'un planning de forages à la maille annuelle, sur une dizaine d'années. Pour décider de l'investissement dans un prospect, ainsi que des opérations qui peuvent suivre, il est nécessaire d'évaluer les coûts et les gains mis en jeu, ceux-ci étant soumis à différents aléas. Dans notre cas, on considère deux aléas : présence d'hydrocarbures et volume exploitable. Ces deux aléas ne sont révélés qu'à la condition que certaines décisions soient prises au cours du processus, les incertitudes sont donc endogènes. La Figure 1 présente l'arbre des réalisations possibles pour chaque étape du processus. Initialement, il convient de décider d'investir et de forer un prospect. Ce premier forage permet de révéler de l'information sur la présence d'hydrocarbures. Si la réponse est positive, le décideur a la possibilité de réaliser une exploration plus approfondie pour déterminer les volumes auxquels il peut s'attendre. Si ces volumes s'avèrent suffisants, il peut alors décider d'exploiter le puits. Sur la Figure 1, les opérations soumises au choix du décideur sont encadrées d'un trait plein. Les pointillés concernent la révélation d'aléas, la réalisation peut soit ouvrir la possibilité de poursuivre avec un prospect, soit, au contraire, imposer de manière fatale l'abandon de celui-ci.

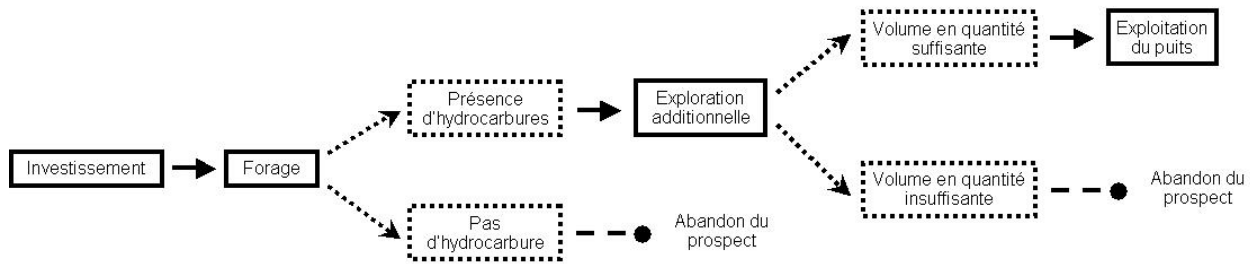


FIGURE 1 – Arbre des étapes possibles pour le traitement d'un prospect

2 Formulation du problème d'ordonnancement

2.1 Description générale

Ce type de problème est en général abordé par des modèles de programmation mathématique stochastique comme dans [1] ou [2]. La modélisation passe par l'emploi de variables entières et la définition de scénarios intégrés au problème d'optimisation finalement résolu. La complexité de ces modèles limite la taille des instances traitables. On cherche ici à formuler ce problème comme un problème d'ordonnancement stochastique, dont les tâches ne sont pas toutes exécutées dans l'ordonnancement final et où les prises de décisions se font en fonction d'un futur incertain.

À chaque prospect susceptible d'être foré, on associe les attributs suivants :

- l'ensemble des 4 opérations : investissement, forage, exploration et exploitation, toutes de durée unitaire (pour un prospect donné, on ne peut réaliser qu'une opération par an), liées par des contraintes de précédence formant une chaîne
- un délai maximal entre la date d'investissement et la date d'exploitation
- la variable aléatoire indiquant la présence ou l'absence d'hydrocarbures (e.g. variable de Bernoulli)
- la variable aléatoire indiquant le volume attendu (e.g. variable de Bernoulli ou de distribution log-Normale)
- les coûts complets associés à chacune des 4 opérations
- le revenu complet associé à l'opération d'exploitation

Étant donné un budget annuel grâce auquel on peut exécuter un certain nombre d'opérations, ainsi qu'un volume moyen minimal à produire chaque année, le problème consiste à établir un planning de forages robuste aux aléas et respectant les contraintes de budget et de volume minimal. C'est-à-dire que l'on doit décider si l'on investit dans un prospect et à hauteur de quelle proportion, si l'on exécute les opérations relatives à ce prospect, et à quelles dates, sans avoir connaissance de la réalisation des aléas. L'objectif est de maximiser l'espérance de la somme des coûts (< 0) et des gains (> 0).

2.2 Ouverture à la réflexion

Ce résumé a pour but de présenter un problème rencontré dans l'industrie gazière. Fortement stochastique, il peut être formulé comme un problème d'ordonnancement sous contrainte de ressource. Nous souhaitons ouvrir une discussion et une réflexion sur la possibilité d'une modélisation et d'une méthode de résolution pour ce problème, faisant intervenir la théorie de l'ordonnancement.

Références

- [1] V. Goel and I.E. Grossman. A Stochastic Programming Approach To Planning Of Offshore Gas Field Developments Under Uncertainty In Reserves. *Computers and Chemical Engineering*, 28(8):1409–1429, 2004.
- [2] N. Boland, I. Dumitrescu and G. Froyland. A Multistage Stochastic Programming Approach to Open Pit Mine Production Scheduling with Uncertain Geology. *7th joint Australia-New Zealand Mathematics Convention (ANZMC2008)*, 2008.