

# **Production capacity issues and “Time to Build” in Oil Production**

## **Synthèse – MFG R&D**

L'industrie pétrolière présente des caractéristiques propres comme l'existence d'importants délais d'ajustement quant aux capacités de production, une faible élasticité-prix à court et moyen terme ainsi qu'une demande aléatoire, largement reliée aux aléas macroéconomiques. La conjonction de ces trois caractéristiques a pour conséquence des trajectoires de prix marquées par des excursions à la hausse et à la baisse, excursions amplifiées par la présence de la spéculation financière.

La présente étude porte sur la modélisation de la prise de décisions des agents participant à l'industrie pétrolière en matière de choix de capacités de production et sur l'évolution globale des capacités et des prix qui en résulte. Cette modélisation est réalisée dans un cadre à anticipations rationnelles et en utilisant les outils récents de la théorie des jeux à champs moyens. En particulier, des résultats nouveaux sont présentés qui permettent d'associer à un problème d'optimisation décentralisée avec interactions entre les agents, un problème équivalent de planification dont la fonction objectif peut être calculée explicitement en fonction du critère d'optimisation initial des agents.

Ces résultats nouveaux, et centraux dans notre étude, qui permettent de plus d'incorporer un aléa commun, ont donné lieu à un article dans *Les Cahiers de la Chaire Finance et Développement Durable* en 2011.

Le rapport présente dans une première partie un modèle simplifié pour lequel les agents décident une fois pour toute de leur capacité de production en fonction des anticipations sur les prix futurs, anticipations qui dépendent à la fois de la dynamique des prix (ici supposée parfaitement déterministe) et de l'offre, c'est-à-dire des choix de capacités de chacun des agents. Le jeu à champ moyen qui résulte de cette modélisation est alors représenté par un système dynamique forward/backward que nous résolvons avant d'y adjoindre des chocs de demande. Dans ce cadre simplifié,

sans aléa et avec un simple choix de capacité, nous présentons un cas particulier de notre résultat mathématique central qui permet de voir le modèle comme un seul et unique problème d'optimisation auquel un planificateur bienveillant ferait face.

La deuxième partie porte sur la présentation de notre résultat mathématique dans le cadre plus général d'un espace d'états discret représenté sous la forme d'un graphe. Nous montrons que si le vecteur des payoffs associés aux différents états dérive d'un gradient dans l'espace des mesures positives sur l'espace d'états, alors il existe un problème d'optimisation globale qui, résolu par un planificateur bienveillant, aurait pour solution les mêmes dynamiques globales. Ce résultat est présenté dans un cadre aléatoire relativement général – mais à espace d'états discret – et nous le généralisons ensuite à la présence d'aléas communs.

*Cette deuxième partie fait l'objet d'un article de recherche publié dans Les Cahiers de la Chaire Finance et Développement Durable : « From infinity to one: the reduction of some MFGs to planning problems »*

La troisième et dernière partie du rapport utilise les résultats précédents et porte sur la modélisation des décisions des acteurs de l'industrie pétrolière en matière de choix de capacités de production, en présence d'aléa macroéconomique sur la demande et d'un effet *time to build*. Il s'agit en fait de modéliser les choix de capacité de production sachant que les décisions prises à un instant donné donneront lieu à une production effective dans un futur incertain, le temps de passage d'un état « en chantier » à un état « production » étant régi par un processus stochastique contrôlé.

Grâce aux résultats présentés dans la deuxième partie, les équations à résoudre sont en nombre réduit mais garde un nombre élevé de variables. Nous présentons donc une résolution avec des outils numériques adaptés (voir l'annexe du rapport) et nous expliquons la dynamique conjointe des prix et des capacités productives.

Ce modèle est le premier à utiliser les nouvelles mathématiques mises en place à la fois pour incorporer des bruits communs et pour réduire des problèmes décentralisés très généraux au problème d'un planificateur bienveillant.

Au-delà des résultats que fournissent nos modèles, nous espérons que le lecteur aura pu s'initier de façon intuitive et convaincante à ces nouvelles mathématiques et constater qu'elles ouvrent effectivement des possibilités extrêmement nouvelles et

puissantes pour la modélisation dans le domaine des matières premières et particulièrement des boucles prix-capacités.