

Pearl-GTL, la plus grande usine au monde pour la transformation de gaz naturel en hydrocarbures liquides

L'usine Pearl GTL, au Qatar, est la plus grande source au monde de produits GTL (*Gas-To-Liquid*), issus de la transformation du gaz naturel en hydrocarbures liquides. En fonctionnement nominal, sa capacité de production sera de 260 000 barils d'équivalent pétrole par jour (140 000 barils de produits GTL, et 120 000 barils en équivalent pétrole d'autres liquides à base de gaz naturel, mais aussi d'éthane, qui seront employés dans les procédés industriels). Elle a expédié ses premiers produits courant 2011 et entrera en pleine production à la mi-2012.

Par Patrick ROMEO*

L'énergie, moteur de la croissance économique

L'augmentation de la population mondiale et la rapide croissance économique des pays émergents jouent un rôle central dans une forte poussée de la demande en énergie. D'ici à 2050, on estime qu'il y aura sur la planète environ neuf milliards d'humains, soit plus de deux milliards de plus qu'aujourd'hui. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), la demande en énergie pourrait alors avoir doublé. La transition vers un système énergétique durable a commencé, mais elle nécessitera des décennies. Les énergies fossiles représentent environ 80 % de l'énergie consommée aujourd'hui et elles devraient continuer à constituer la pierre angulaire du système énergétique mondial pour encore de nombreuses années.

Chez Shell, nous sommes convaincus que le gaz naturel est une composante essentielle d'un bouquet énergétique durable au niveau mondial. Selon l'AIE, les ressources en gaz techniquement disponibles représentent 250 ans de production (au rythme actuel d'extraction). Il s'agit donc d'une matière première abondante, d'un intérêt certain en matière d'environnement et économique (par exemple, pour la production d'électricité) par rapport à d'autres sources d'énergie, telles que le charbon, le nucléaire ou l'éolien.

C'est ainsi que Shell, dans le cadre de sa politique de diversification énergétique, produit de plus en plus de gaz naturel grâce à ses technologies de pointe, qui lui permettent d'en développer de nouvelles ressources : il s'agit, par exemple, de la production du gaz issu de roche-mère, de l'exploitation, dans des conditions climatiques difficiles, de gisements des régions subarctiques, ou encore de la liquéfaction du gaz naturel sur des stockages en haute-

mer, auxquels viendront directement s'accoupler des méthaniers. C'est ainsi qu'en 2011, nous avons décidé d'investir dans le projet Prélude FLNG (*Floating Liquefied Natural Gas*), une installation flottante de gaz naturel liquéfié, qui sera localisée au large des côtes australiennes ; ce sera la première installation de ce type au monde (Ndlr : ce projet est présenté plus en détail dans l'article de Thierry Pilenko, dans le présent numéro de *Responsabilité & Environnement*).

Mais nous sommes aussi pionniers en matière de développement de technologies novatrices pour la production de produits pétroliers issus du gaz naturel. Le démarrage de Pearl GTL, le plus grand site de produits GTL au monde, en est l'exemple vivant.

Pearl GTL

L'usine Pearl GTL, au Qatar, est la plus grande source au monde de produits GTL (*Gas-To-Liquid*), issus de la transformation du gaz naturel en hydrocarbures liquides. En fonctionnement nominal, sa capacité de production sera de 260 000 barils d'équivalent pétrole par jour (140 000 barils de produits GTL, et 120 000 barils en équivalent pétrole d'autres liquides à base de gaz naturel, mais aussi d'éthane, qui seront employés dans les procédés industriels). Elle a expédié ses premiers produits courant 2011 et entrera en pleine production à la mi-2012.

Durant sa vie, l'usine Pearl GTL va traiter environ 3 milliards de barils d'équivalent pétrole provenant du plus grand champ gazier au monde, le *North Field*, situé dans le Golfe arabo-persique, au large du Qatar. Celui-ci renferme plus de 25 000 milliards de mètres cubes de gaz naturel, équivalents à 150 milliards de barils de pétrole, soit environ 15 % des ressources gazières mondiales.



© Service de communication de Qatar Shell GTL Ltd

Vue aérienne de l'usine Pearl-GTL, située au sein d'une vaste zone industrielle, à Ras Laffan, sur le littoral qatari, à 90 km environ au nord de Doha, la capitale.

Pour mener à bien le projet Pearl, les ingénieurs Shell se sont appuyés sur plus de trente années d'expérience dans les technologies de conversion du gaz naturel en hydrocarbures liquides. En 1993 déjà, Shell a construit la première usine GTL d'échelle commerciale au monde, à Bintulu, en Malaisie. La production de l'usine Pearl GTL sera dix fois supérieure à celle de Bintulu.

Ce vaste chantier d'ingénierie, le plus grand jamais réalisé par Shell, est situé au sein d'une vaste zone industrielle, à Ras Laffan, sur le littoral qatari, à 90 km environ au nord de Doha, la capitale. Le mener à bien a été un véritable exploit. Au plus fort du projet, plus de 52 000 travailleurs venus de plus de 50 pays y étaient impliqués. Malgré ce nombre important de salariés et la complexité du chantier, une forte culture de sécurité et un programme de formation adapté ont permis à Qatar Petroleum et à Shell d'enregistrer un record de 77 millions d'heures de travail sans accident entraînant un arrêt de travail.

Il faudra cependant au moins douze mois pour en achever la mise en service avant d'arriver à une pleine production en 2012. En exploitation à pleine capacité, l'usine Pearl GTL emploiera 800 opérateurs et techniciens.

Des forages en un temps record, au large du Qatar

A soixante kilomètres au large du Qatar, le gaz naturel issu du gisement North Field (découvert par Shell en 1971) s'écoule à partir de deux plateformes installées à une profondeur de 40 mètres et vient alimenter l'usine Pearl GTL. Onze puits ont été forés pour chaque plateforme en un

temps record (ce qui a généré des économies importantes) grâce à une approche connue sous le nom d'opérations simultanées (SIMOPS).

Avant la construction de Pearl GTL, l'industrie jugeait que l'achèvement d'un puits de production dans le North Field en soixante-quinze jours représentait une bonne performance. Dans le projet Pearl GTL, 22 puits ont été forés, chacun, en moyenne, en 45 jours. Le forage le plus rapide a été réalisé en seulement 28 jours. A la fin des opérations de forage, en avril 2010, 600 jours de travail ont été gagnés sur les durées de forage habituelles dans cette région.

L'approche SIMOPS

En général, les opérations de forage se déroulent en deux étapes : tout d'abord le forage et l'achèvement du puits proprement dit, suivis, dans un deuxième temps, des différentes opérations préparatoires à sa mise en production. Avec les techniques SIMOPS, les travaux se déroulaient sur deux puits en même temps, assurant la mise en production de l'un tandis que s'effectuait le forage du second. L'ensemble des forages réalisés dans la roche sous le fond marin a représenté une distance totale de 97 kilomètres, les puits contenant ensemble assez d'acier pour bâtir deux Tour Eiffel et demie !

Des ponts permanents ont été ensuite installés sur les pieds des plateformes sous-marines, chacun étant haut comme un immeuble de dix étages et pesant 2 220 tonnes. Chaque plateforme, dont l'exploitation est supervisée à partir de la salle de contrôle de Pearl GTL située à Ras Laffan, possède onze puits plongeant en profondeur sous le

fond marin du North Field. Deux gazoducs, d'un diamètre de 76 centimètres, relient les plateformes à l'usine Pearl GTL à terre, où seront extrait l'éthane destiné aux procédés industriels, le gaz de pétrole liquéfié (GPL) pour le chauffage domestique et la cuisine, et les condensats, utilisés comme charges de raffinage. Le procédé industriel de séparation enlèvera aussi des contaminants, tels que les métaux et le soufre. Ce dernier sera transformé en granulés destinés à être commercialisés pour fabriquer de l'acide hydrosulfurique, des engrais ou d'autres produits de valorisation. Le gaz pur (du méthane) s'écoulera alors vers la section GTL de l'usine, où il sera converti en divers produits liquides au cours d'un procédé en trois étapes, grâce aux technologies mises au point exclusivement par Shell.

Enfin, les paraffines hydrocarbonées liquides seront valorisées grâce aux technologies spécialement mises au point à cet effet impliquant de nouveaux catalyseurs permettant de fabriquer divers produits.

Le rôle fondamental des catalyseurs dans l'accélération des réactions chimiques

Durant quatre ans, la société Shell CRI/Criterion, spécialisée dans les catalyseurs, a fabriqué dans ses installations européennes les milliers de tonnes de catalyseurs nécessaires au démarrage de la production de Pearl GTL. Les granulés de ces catalyseurs ont la taille d'un grain de riz, mais la superficie de tous les grains d'une poignée de 150

grammes couvrirait un terrain de football. Ils permettent d'accélérer la réaction de transformation du gaz de synthèse (un mélange d'hydrogène et de monoxyde de carbone) en molécules d'hydrocarbures qui seront les bases de la production des produits liquides finis, les GTL.

Au total, la superficie globale représentée par l'ensemble de ces catalyseurs est égale à près de dix-huit fois celle de l'Etat du Qatar. A cette échelle, grâce à leurs nombreux nanotubes d'une forte porosité, d'énormes volumes de gaz vont être exposés à la surface chimiquement traitée des catalyseurs, maximisant ainsi la vitesse des réactions chimiques du procédé GTL.

Un nouveau catalyseur à base de cobalt

Des avancées technologiques ont été essentielles pour que le procédé fonctionne efficacement à grande échelle. Il s'est agi notamment de la mise au point par Shell d'un nouveau catalyseur de synthèse au cobalt, parmi les plus avancés au monde, qui a permis d'augmenter considérablement la production de produits GTL à l'échelle commerciale dans l'usine de Bintulu (en Malaisie). Les 24 réacteurs de l'usine qatarie Pearl GTL utiliseront ce nouveau catalyseur.

Ces catalyseurs sont implantés dans plusieurs dizaines de milliers de tubes situés à l'intérieur de réacteurs de 1 200 tonnes chacun. Ils seront remplacés au bout de quelques années (un réacteur après l'autre, afin de minimiser l'im-



Vue de nuit d'installations de l'usine Pearl-GTL.

© Service de communication de Qatar Shell GTL Ltd

fact sur la production). La société CRI/Criterion récupère le cobalt des catalyseurs usagés pour le réutiliser dans des catalyseurs neufs.

Les produits GTL

Pearl GTL est une usine complexe : elle ressemble à une « boîte du parfait petit chimiste » géante, où l'on associe, dissocie et réarrange les chaînes de molécules. Ces chaînes de différentes longueurs ont différentes propriétés permettant de fabriquer toute une gamme de produits GTL, que nous présenterons ci-après.

Le gazole GTL

Le gazole GTL est un carburant pour moteurs diesel permettant de diversifier l'approvisionnement en gazole, d'obtenir un meilleur rendement de la motorisation et d'améliorer la qualité des émissions par rapport aux gazoles classiques. Il peut être facilement mélangé avec des gazoles classiques fabriqués à partir du pétrole brut, et utilisé dans les réseaux de distribution actuels. Shell a déjà ajouté du Gazole GTL provenant de son usine malaise de Bintulu au gazole Shell V-Power, qui est commercialisé dans plus de 5 000 stations-services en Europe et en Thaïlande.

Lorsque l'usine Pearl GTL opérera à pleine capacité, elle produira environ 50 000 barils de gazole GTL par jour, une quantité suffisante pour faire quotidiennement le plein de plus de 160 000 voitures. La grande majorité du gazole GTL produit à Pearl GTL sera un composant de haute qualité, qui sera incorporé au gazole classique issu du raffinage de pétrole. Ce produit sera déployé dans le monde entier au travers du réseau de distribution existant.

Lors de sa combustion, le gazole GTL émet moins de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de particules que le gazole classique. Par conséquent, utilisé en grande quantité, il peut contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air, comme ont pu le démontrer des essais réalisés avec des autobus, des taxis et des camions dans des villes connaissant une très forte circulation routière, telles que Londres, Berlin, Tokyo et Shanghai.

Le gazole GTL peut aussi être utilisé dans les raffineries pour améliorer les caractéristiques de carburants plus lourds, cela grâce à deux de ses propriétés physico-chimiques : sa plus faible masse volumique et son plus grand indice de cétane par rapport au gazole classique.

Le kérosène GTL

S'il peut être éventuellement utilisé pour le chauffage et l'éclairage, la principale utilisation du kérosène GTL se rapporte à l'aéronautique ; il permet de développer la gamme des carburants utilisables par les avions. Comme pour le gazole GTL, lors de la combustion, le kérosène GTL dégage moins de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de particules, en comparaison au kérosène classique. Les volumes utilisés étant considérables, il peut contribuer de manière notable à l'amélioration de la qualité de l'air, notamment dans les aéroports les plus actifs.

Shell travaille en partenariat avec Qatar Airways, Qatar Petroleum, WOOD, Airbus, Rolls-Royce et le Qatar Science and Technology Park afin de conduire des recherches sur les avantages potentiels apportés par les carburateurs de synthèse dans les motorisations pour avions. Ainsi, en octobre 2009, un Airbus A340 de la compagnie aérienne Qatar Airways a effectué le tout premier vol commercial utilisant un mélange dénommé Jet Fuel GTL, composé à parts égales de GTL et de carburateur (« kérosène ») classique.

Les huiles de base GTL

Les huiles de base GTL sont principalement employées à la fabrication des lubrifiants pour les moteurs, les boîtes de vitesse et les dispositifs de transmission. A sa pleine capacité, Pearl GTL sera l'une des plus grandes sources d'huiles de base au monde, avec une capacité de production d'environ 30 000 barils par jour, une quantité suffisante pour la lubrification de 225 millions de voitures par an.

Les paraffines GTL

Les paraffines GTL servent à la production de détergents comme la lessive et le savon. Actuellement, les entreprises qui fabriquent les détergents extraient les paraffines du kérosène d'origine pétrolière, puis elles restituent le kérosène résiduel aux raffineries. Avec les paraffines GTL, cette étape d'extraction disparaît, offrant à ces entreprises des avantages notables en termes de coûts et de localisation de leurs installations.

Le naphta GTL

Le naphta GTL peut remplacer le naphta classique comme matière première dans les usines chimiques où l'on fabrique les constituants des matières plastiques. Sa teneur en paraffines est plus élevée que celle du naphta classique, ce qui permet de fabriquer davantage de matière plastique à partir d'un même volume de naphta.

Le soufre : la valorisation d'un produit dérivé

En raison de préoccupations environnementales (les réglementations imposant notamment des carburants de plus en plus propres), les produits hydrocarbonés doivent comporter moins de soufre que jamais auparavant, alors que les nouveaux gisements de pétrole brut et de gaz naturel en contiennent des quantités substantielles. Pour assurer le succès de tout nouveau projet important, il est donc essentiel de trouver de nouvelles manières d'extraire cette substance du gaz naturel et de l'utiliser.

Le Qatar construit une des plus grandes usines de traitement de soufre au monde dans sa zone industrielle de Ras Laffan, pour traiter le soufre provenant du gaz du gisement de North Field. Une fois mise en service, cette usine pourra traiter 12 000 tonnes de soufre par jour, soit l'équivalent de deux kilomètres de wagons-citernes alignés bout à bout.

Le soufre sera extrait sous forme liquide à partir du gaz naturel traité dans les multiples usines de gaz de Ras Laffan. Puis, l'usine de soufre transformera celui-ci en granulés solides, qui seront provisoirement stockés avant leur expédition vers les marchés du monde entier.

Le soufre sert principalement à fabriquer l'acide sulfurique, qui est utilisé dans de nombreux procédés industriels (il est couramment utilisé dans le secteur des engrais, dans l'industrie du caoutchouc, la fabrication de l'acier et l'industrie pharmaceutique).

De nouvelles utilisations pour le soufre

Une technologie brevetée par Shell représente une des utilisations les plus prometteuses de ce produit, consistant à ajouter du soufre élémentaire et du sulfate aux engrais. La technologie Shell Thiogro™ rend le soufre (un nutriment essentiel pour de nombreuses cultures) plus facilement disponible pour les cultures, tout au long de la saison. Les avantages d'une utilisation plus efficace du soufre dans les engrais pourraient être significatifs : des essais sur des cultures, menés par Shell et le Sulphur Institute, aux Etats-Unis, ont montré que cette technologie peut augmenter les rendements agricoles de 14 % en moyenne sur des sols déficients en soufre.

Le soufre est aussi largement utilisé dans l'industrie du bâtiment et des travaux publics. Par exemple, l'ajout de granulés de soufre aux enrobés routiers permet d'augmenter la durabilité des chaussées, ainsi que leur résistance aux températures extrêmes (chaud et froid).

Shell Thiopave™ (autre produit breveté par Shell, principalement composé de soufre) permet de remplacer jusqu'à 30 % du bitume utilisé dans un enrobé routier. Cet enrobé au soufre peut être produit à plus faible température qu'un enrobé classique, ce qui est avantageux, pour l'environnement.

L'administration qatarie des travaux publics et Shell testent les enrobés au soufre depuis juillet 2010 sur un segment de 150 mètres de l'autoroute Umm Bab, qui doit supporter une forte circulation de camions. Il s'agit du premier essai de ce produit sur une route publique au Qatar.

Shell et la société Qatari Khalid Cement ont signé un accord visant à mettre au point des utilisations d'un autre produit, le béton au soufre. La fabrication du Shell Thiocrete™ ne nécessite aucun apport d'eau et génère moins de CO₂ que la fabrication classique du béton au ciment de Portland. Il atteint sa résistance maximale en quelques heures seulement, au lieu de plusieurs semaines pour un béton à base de ciment classique.

Economiser l'eau : un défi majeur, sous le climat qatari

Au Qatar, les températures estivales sont supérieures à 40°C et il pleut rarement. Il est donc essentiel d'économiser l'eau, une ressource très rare sous ces climats désert-

tiques. L'usine Pearl GTL a été conçue pour être autonome en matière d'utilisation d'eau. C'est ainsi qu'elle produira au moins autant d'eau que de produits GTL, en s'appuyant sur les principes de la réaction chimique qui, lorsque le gaz de synthèse passe sur les catalyseurs, génère de l'eau avec les éléments constituant des produits GTL. Lorsque Pearl GTL sera entièrement opérationnelle, l'eau ainsi produite permettra de faire fonctionner l'usine sans utiliser les ressources en eau douce du pays, ni de l'eau de mer.

A plus long terme, nous visons à utiliser chaque goutte de cette eau dans le cadre de notre engagement à ne déverser dans l'environnement aucun liquide généré par l'usine. L'usine de traitement de l'eau industrielle de Pearl GTL est la plus grande au monde pour la récupération, le traitement et la réutilisation de l'eau des procédés industriels. Avec une capacité de 280 000 barils par jour, cette unité est comparable à celle d'une ville d'un million d'habitants. Après son traitement pour enlever toute trace de métaux, d'hydrocarbures et d'éventuelles particules, la plus grande partie de cette eau est utilisée pour le refroidissement par évaporation, et pour la production de vapeur. Le reste est destiné à l'irrigation des arbres et des plantations du site.

Conclusion

Pearl GTL – lancée conjointement par Qatar Petroleum et Shell, pour laquelle il s'agit du plus important de ses investissements tous projets confondus –, est un projet entièrement intégré couvrant la production de GTL, depuis l'exploitation du gisement de gaz *offshore* jusqu'à la commercialisation des produits finis. Il devrait permettre à Shell d'augmenter sa production mondiale de près de 8 %, ce qui représente son plus grand moteur de croissance en 2012.

Il s'agit d'un projet économiquement robuste, qui a été évalué au regard de nombreux scénarios de prix, avant qu'ait été prise la décision finale d'investissement, et qui tirera sa rentabilité de l'écart de valorisation entre le gaz et le pétrole.

Shell finance 100 % des coûts de développement sous un contrat de partage des bénéfices avec l'Etat du Qatar. De Pearl GTL seront issus des carburants de combustion plus propres, des huiles pour fabriquer des lubrifiants sophistiqués, du naphta pour la production de matières plastiques et des paraffines pour celle de détergents. Conçus avec les technologies de pointe de Shell, ces produits GTL seront plus économiques pour nos clients et ils offriront de meilleures performances que leurs équivalents traditionnels. Le démarrage de Pearl GTL aura été le point culminant de plus de trente ans de recherche, du dépôt d'environ 3 500 brevets associés au procédé GTL et de la mise au point de quelques-uns des catalyseurs de synthèse au cobalt les plus avancés au monde.

Note

* Président, France Country Chair, Société des Pétroles Shell.