



SECTEURS STRATÉGIQUES

OFFSHORE PROFOND

UNE AVENTURE TECHNIQUE ET HUMAINE

Exploiter durablement tous les types de gisements

INNOVATION ET PERFORMANCE



Le schéma de développement spécifique d'Akpo (Nigeria) permet la valorisation de condensats riches en gaz.

Si l'exploitation en offshore profond ne rencontre plus d'obstacles technologiques majeurs, son coût demeure cependant sans commune mesure avec celui de l'offshore conventionnel. L'innovation reste de mise pour optimiser l'économie des projets, notamment pour des gisements de taille modeste, éloignés des côtes ou renfermant des huiles plus difficiles. Elle est aussi indispensable pour augmenter les taux de récupération comme pour prolonger la durée de vie des installations et garantir leur fiabilité dans le temps.

Ces impératifs économiques sont indissociables d'un engagement résolu à opérer de manière responsable, en termes de maîtrise des risques comme de la limitation de l'empreinte des développements sur l'environnement.

S'affranchir des longues distances

INNOVATION ET PERFORMANCE

L'exploitation de petits gisements isolés et parfois situés loin des côtes constitue le principal défi pour l'avenir de l'offshore profond. La R&D de Total étudie plusieurs solutions pour assurer en toute sécurité et à moindre coût le transport sous-marin de la production sur 100 kilomètres et plus.

Ces dernières années, le portefeuille minier et gazier de Total s'est enrichi de nombreux gisements isolés, en mer du Nord, au Nigeria, ou encore en Égypte. De tailles relativement réduites, ces gisements sont aussi éloignés de plusieurs centaines de kilomètres des côtes. Leur valorisation, qui constitue l'une des composantes majeures de la croissance de l'offshore profond, nécessite des sauts technologiques majeurs.

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE DES LIGNES DE PRODUCTION

Sur de très longues distances, aucun dispositif d'isolation — aussi performant soit-il — ne peut suffire à maintenir les hydrocarbures au-dessus de la température de formation des hydrates, composés solides qui tendent à boucher les conduites. Le chauffage des lignes de transport multiphasique est donc incontournable.

Très en pointe dans ce domaine, Total développe deux solutions technologiques :

- Le traçage électrique : des câbles électriques chauffants sont enroulés entre les deux conduites d'une ligne en pipe in pipe isolée. Le Groupe est le premier à tester cette technologie sur une ligne de production gazière sous-marine raccordant le nouveau gisement d'Islay, en mer du

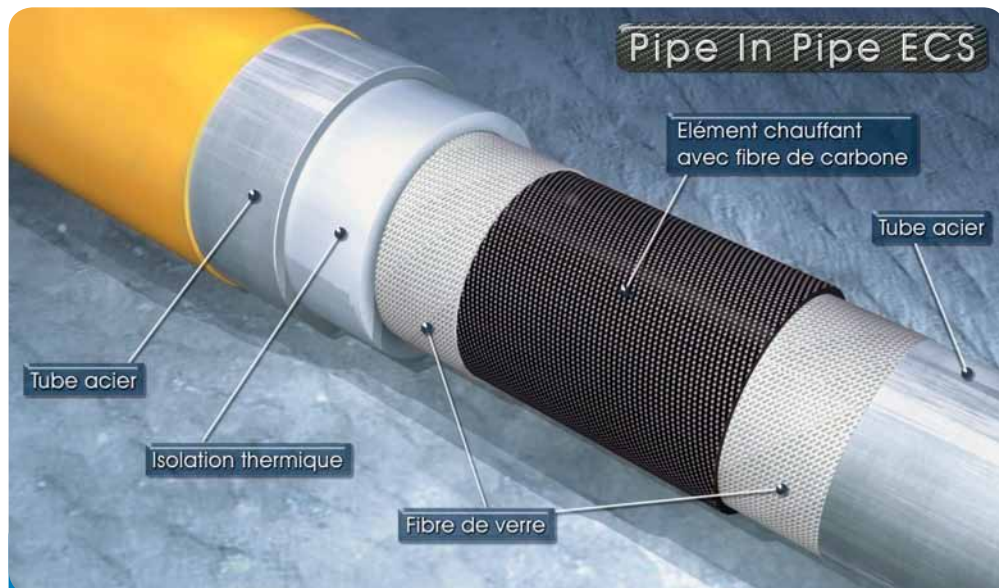
Nord britannique au réseau de conduites sous-marines déjà déployé par Total sur la zone.

- Un tissu composite : la technologie ECS (*Energized Composite Solutions*) met à profit les multiples avantages d'un revêtement en tissu composite pour chauffer les lignes. En cours de qualification, elle offre des avantages multiples par rapport aux câbles électriques chauffants : légèreté, souplesse lui permettant d'épouser toutes les formes, meilleure homogénéité du chauffage, faible sensibilité aux endommagements locaux grâce aux nombreuses interconnexions entre les fibres chauffantes, simplicité des réparations...

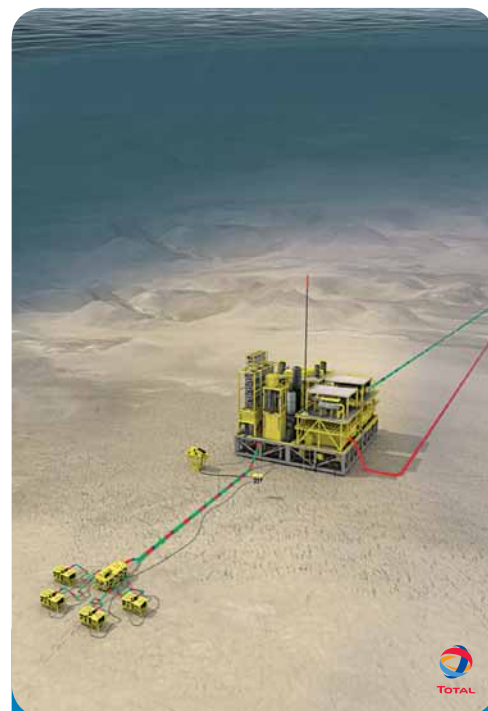
ACHEMINEMENT DIRECT À TERRE

Pour les gisements gaziers, les développements portent sur l'acheminement direct de la production à terre (*subsea to shore*), via de très longues conduites sous-marines. Ces développements « tout électriques », alimentés par une génération de puissance locale, déploieront en fond de mer des unités de séparation gaz-condensats, de stockage et d'injection de produits chimiques, de compression de gaz. Ils devront aussi relever le challenge de la production de gisements haute pression grâce à des systèmes sous-marins de contrôle ad hoc (*HIPPS, High Integrity Protection*

Pressure System). Les lignes transportant la production à terre pourront atteindre des centaines de kilomètres de long. Aucun système d'isolation ou de chauffage ne pouvant lutter contre le refroidissement rapide du gaz dans une ligne de transport sous-marine, la prévention de la formation d'hydrates sera assurée par l'injection continue de produits inhibiteurs ■



Une ligne de production revêtue d'un tissu composite auto-chauffant permet une gestion active de la température du tube : la formation d'hydrates est ainsi contrôlée.



Le développement des technologies de *subsea to shore* est l'une des clés de la valorisation des gisements gaziers de l'offshore profond.



FOCUS

DEPTH : l'usine sous-marine autonome

À plus long terme, la R&D de Total est encore plus ambitieuse. Elle a lancé l'étude d'un concept d'usine sous-marine intégrée autonome. Baptisé DEPTH (*Deep Export & Production Treatment Hub*), ce concept est l'équivalent d'un **FPSO sous-marin** qui, à l'horizon 2030, assurerait la production, le traitement complet et l'export à terre de fluides prêts à être raffinés.

Produire les huiles difficiles et augmenter la récupération

INNOVATION ET PERFORMANCE

Production en offshore très profond, transport sur de longues distances, valorisation de petits gisements, huiles difficiles... Le subsea processing, ensemble de technologies sous-marines de traitement et d'activation de la production, permet de relever ces défis d'avenir.

Total a ouvert la voie stratégique du *sub-sea processing* avec Pazflor, premier développement de l'offshore profond à réaliser une séparation gaz-liquides et une activation sous-marines des liquides à grande échelle. Trois unités de séparation sous-marines, installées par 800 m de fond, associent un séparateur gaz-liquides et deux pompes hybrides de nouvelle génération, permettant de « booster » les liquides jusqu'à la surface.

Avec la qualification d'une première pompe *High Boost*, développé par Framo, Total franchit une nouvelle étape dans l'activation sous-marine des fluides de l'offshore profond, en conciliant forte puissance (150 bar) et capacité à activer des fluides contenant une importante fraction volumique de gaz résiduel (Gas Volume Fraction).

ACTIVATION, SÉPARATION, DÉSULFATATION

L'activation sous-marine du gaz constitue un enjeu important pour Total, qui s'est associé au développement d'un pilote sur le projet d'Åsgard en mer du Nord. La compression sous-marine est, en effet, indispensable pour transporter le gaz sur

de très longues distances, lorsque la pression du réservoir est affaiblie par plusieurs années de production.

Autre avancée décisive pour optimiser la récupération sur les champs matures : la séparation liquide-liquide. La production d'eau augmentant inéluctablement au fil de la vie des champs, il s'agit de la séparer des hydrocarbures (huile et gaz) sur le fond de la mer pour ne plus la remonter jusqu'au FPSO.

Demain, l'eau de mer injectée dans les réservoirs pour améliorer la récupération sera aussi traitée sur le fond de la mer. En cours de développement par le Groupe, la première unité sous-marine de désulfatation d'eau de mer, SPRINGS (*Subsea Processing and Injection Gear for Seawater*), sera capable de traiter et d'injecter 5 000 à 50 000 barils d'eau/jour.

Total travaille enfin à la généralisation de commandes électriques qui offrent des avantages déterminants par rapport à l'hydraulique, tant en termes de fiabilité, que de rapidité et d'impact environnemental ■



Le schéma de développement de Pazflor repose en grande partie sur des installations sous-marines de séparation et de pompage.



L'unité sous-marine de désulfatation d'eau de mer SPRINGS (*Subsea Processing and Injection Gear for Seawater*), en cours de développement.



REPÈRES

Premier pilote mondial d'injection d'eau viscosifiée

L'EOR (*Enhanced Oil Recovery*) chimique vise à améliorer l'effet de « piston » de l'eau sur l'huile, optimisant ainsi le balayage du réservoir. Total a réalisé une première mondiale en injectant de l'eau viscosifiée par ajout de polymères sur Dalia (Angola).

Le pilote a été expérimenté sur les trois puits d'injection d'eau de Camelia, l'un des quatre réservoirs de Dalia. Cette technique devrait se traduire par une augmentation de la récupération d'environ **8 % sur dix ans**.



FOCUS

Des pompes sous-marines pour toutes les configurations

Le développement de différentes solutions de pompage sous-marin permet à Total de disposer de technologies répondant à l'ensemble des besoins de son portefeuille de l'offshore profond :

- **l'activation de fluides** dès leur mise en production, pour les fluides lourds et visqueux, issus de gisements très profonds ou éloignés des centres de production ;
- **le maintien du plateau de production des champs matures** : l'apport d'énergie en fond de mer permet d'optimiser la récupération au fil de la déplétion des réservoirs.

Gérer la maturité des installations et prévenir les risques

INNOVATION ET PERFORMANCE

C'est dès aujourd'hui qu'il faut anticiper le vieillissement des champs de l'offshore profond. Le monitoring des installations sous-marines et le développement de moyens d'inspection et de maintenance plus performants sont les clés d'une sécurité et d'une fiabilité renforcées.

En 2017, le Groupe opérera 9 FPSO en offshore profond contre 5 aujourd'hui et de 450 à 500 puits sous-marins. Qu'ils produisent déjà ou qu'ils soient en devenir, ces champs, opérés dans un environnement difficile, sont destinés à demeurer actifs vingt ans ou plus et nécessiteront au fil du temps un nombre grandissant d'interventions.

C'est pourquoi les spécialistes IMR (Inspection, Maintenance, Réparation) des équipes d'offshore profond de Total sont pleinement mobilisés. L'enjeu est considérable : il s'agit de développer les outils qui optimiseront l'opérabilité, la fiabilité et la sécurité des champs matures de demain.

SWIMMER, UNE AVANCÉE DÉCISIVE

L'opérateur devra avoir, depuis la surface, une vision globale de l'infrastructure sous-marine, afin de pouvoir intervenir rapidement si nécessaire. C'est dans cette optique que Total, en partenariat avec Cybernetix, s'est investi dans l'étude d'un dispositif IMR innovant.

Baptisé SWIMMER (*Subsea Works Inspection and Maintenance with Minimum Environment ROV*), ce dispositif repose sur un AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) équipé d'un ROV (*Remotely Operated Vehicle*). Il est conçu pour pouvoir

séjourner trois mois au fond de l'océan, sans bateau support spécifique. Doté d'une autonomie de 50 km, équipé de caméras et de dispositifs de mesure, ce robot est capable d'échanger des informations en temps réel avec le FPSO et d'intervenir rapidement si nécessaire.

DES ÉQUIPEMENTS SOUS HAUTE SURVEILLANCE

L'intégrité des conduites et des équipements sous-marins est la clé de la sécurité et de la fiabilité des développements par grande profondeur. Total y consacre plusieurs programmes, à la recherche de solutions performantes et économiques :

- système innovant de monitoring des risers flexibles, le RACS (*Riser Annulus Condition Surveillance*) permet de détecter en temps réel tout défaut de l'annulaire du flexible qui risquerait d'entraîner une rupture plus ou moins rapide de la ligne ;
- l'inspection des coques des FPSO au moyen d'un ROV, piloté depuis la surface, améliorera la sécurité des opérations, en réduisant les interventions des plongeurs et donc les risques d'accident, notamment dans des conditions de mer défavorables.



REPÈRES

Surveillance en temps réel des aléas géologiques

Fortes pentes, failles, glissements de terrain... Le fond des océans n'est pas sans danger. Jusqu'ici, la surveillance de ces aléas n'était possible que par des campagnes ponctuelles.

Brevetée fin 2011, la nouvelle **station sous-marine de surveillance en temps réel des aléas géologiques**, développée par Total, est une première mondiale. Baptisée HORUS (*Hazards Observatory for Risk analysis by Underwater System*), elle est dotée de nombreux **capteurs** et déclenche des **alertes** en cas de danger pour le personnel ou les installations. Cette innovation majeure sera prochainement testée sur un site de production de Total.

Total s'est également engagé dans le développement de nouvelles solutions pour maîtriser les risques d'éruption d'un puits en cours de forage. L'enjeu est de disposer des équipements (confinement du puits, captage de la fuite) permettant d'agir rapidement sous de grandes profondeurs d'eau ■



Dans le dispositif SWIMMER, les opérations de contrôle et de maintenance sont supervisées depuis la surface et exécutées entièrement en sous-marin par ROV.