

# Éditorial

## MÉCANIQUE APPLIQUÉE À L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE

Les enjeux technologiques de l'industrie pétrolière relatifs à la production en offshore profond et à l'exploitation des champs matures, les enjeux environnementaux de la gestion des rejets et des gaz acides, ou encore, l'optimisation des procédés de raffinage nécessitent des outils de simulation de plus en plus performants ainsi que des équipements de conception toujours innovante.

Pour répondre à ces enjeux, des compétences théoriques et expérimentales sont mises en œuvre par la division Mécanique appliquée de l'*Institut français du pétrole* dans des domaines de pointe devenus incontournables. Ainsi, des modèles de comportement mécanique sont développés et intégrés dans des codes de calcul destinés aux ingénieries du gisement, du forage, des systèmes de production, du transport et du raffinage. De même, des concepts innovants sont proposés pour la mise au point d'équipements dédiés.

Deux numéros spéciaux de la revue *Oil & Gas Science and Technology* présentent une série d'articles illustrant quelques-unes des récentes réalisations de cette division.

*Le premier numéro (vol. 56, n° 6) est consacré à la géomécanique et à la mécanique des matériaux et des structures.*

Un article concerne l'ingénierie de gisement où des compétences en géomécanique sont mises à profit pour affiner les estimations des réserves disponibles. Il présente la mise en œuvre d'une modélisation du comportement poroviscoélastique des roches et sa validation sur des données expérimentales obtenues sur une argile. La modélisation s'appuie sur les principes de la thermodynamique des systèmes ouverts développés à l'*IFP* pour la mécanique des roches appliquée à l'industrie pétrolière.

Les quatre articles suivants concernent des applications de la mécanique des matériaux et des structures. Le premier présente une méthode de détermination des déplacements des différentes couches d'une conduite flexible. Il s'agit d'un domaine essentiel pour nos partenaires industriels dans lequel une compétence de haut niveau est entretenue. Le second article concerne le développement d'un modèle biphasique innovant, qui décrit le comportement mécanique de polymères semi-cristallins et permet le calcul de structures incluant ces polymères. Le troisième article concerne les matériaux composites à fibres de verre destinés à alléger les conduites et prolonger leur durée de vie. Des modèles de corrosion ont été mis en œuvre pour l'étude du vieillissement de ces matériaux et ont permis la mise au point d'essais mécaniques spécifiques. Le quatrième article décrit l'application de la théorie de l'homogénéisation pour définir une plaque anisotrope élastique remplaçant une grille *Johnson*, et valider ainsi un nouveau concept d'élément interne de réacteurs de raffinage.

*Le second numéro (vol. 57, n° 1) concerne le forage, les liaisons fond-surface et la production polyphasique.*

Le domaine du forage fait l'objet de deux articles. Le premier dresse un état de l'art sur la fatigue des tiges de forage et s'appuie sur les concepts de la mécanique de la rupture afin de proposer des axes de recherche visant à améliorer la fiabilité des garnitures, notamment dans le cas de forages déviés ou lors de dysfonctionnements vibratoires. Le second article décrit une méthodologie de dimensionnement des risers de forage, concrétisée par le développement du *Clip Riser*. Le concept

a été développé il y a plusieurs années à l'*IFP* et fait aujourd'hui l'objet d'utilisations industrielles par grande profondeur d'eau.

Pour la production en offshore profond, le calcul des liaisons entre les installations de surface et celles du fond de mer est essentiel. Il est abordé dans deux articles qui traitent des vibrations de ces liaisons sous l'action des courants marins. Ces vibrations peuvent créer une fatigue importante influant sur la durée de vie des éléments mécaniques.

Les deux derniers articles concernent la production polyphasique. Le premier traite de la modélisation des écoulements polyphasiques transitoires et de la définition de scénarios de contrôle de production optimisés par simulations. Le cas étudié est celui d'une conduite sujette à des instabilités d'écoulements que l'on peut rencontrer en particulier lors de la production d'un champ mature. Le second article aborde le pompage polyphasique, maintenant communément admis par l'industrie pétrolière. Il rappelle les performances de la technique de pompage hélico-axiale inventée à l'*IFP* et présente des applications courantes ainsi que de nouvelles applications, telles que la réinjection de gaz acides en solution, spécifiée par la protection de l'environnement.

Les travaux de la division Mécanique appliquée sont, dans la plupart des cas, menés dans le cadre de partenariats industriels et universitaires. Nous tenons à remercier l'*ANDRA*, *Coflexip Stena Offshore*, l'*École centrale de Lyon*, l'*École supérieure des ingénieurs de Marseille*, l'*École polytechnique*, *TotalFinaElf* et *Johnson* qui se sont joints à nous pour permettre la parution de ces numéros.

Éric Heintzé

# Editorial

## APPLIED MECHANICS FOR THE OIL INDUSTRY

The technological challenges for the oil industry in deep offshore production and exploitation of mature fields, the environmental challenges about management of discharges and sour gases sequestration, or the optimization of refining processes, require the development of more and more powerful simulation tools and the design of ever innovative equipments.

To answer these challenges, theoretical and experimental skills are developed by the Applied Mechanics Department of the *Institut français du pétrole* in some advanced domains of primary importance. Models describing mechanical behaviors are then implemented into simulation codes and innovative concepts are proposed to design industrial equipments for reservoir, drilling, oil production, transportation and refining engineering.

Two special issues of the *Oil & Gas Science and Technology* journal present a selection of articles illustrating some of the recent achievements from the Applied Mechanics Department of *IFP*.

*The first issue (Vol. 56, No. 6) concerns geomechanics and mechanics of materials and structures.*

A paper deals with reservoir engineering where skills in geomechanics are used for an accurate estimation of the available oil in place. It presents the implementation of a porovisco-elastic model of rock behavior successfully compared against experimental data obtained on clay. This development uses the framework of the thermodynamics of open systems developed at *IFP* for rock mechanics in the oil industry domain.

The following four papers deal with applications using mechanics of materials and structures. The first one presents a method of determination of the movements of the flexible pipe structural layers. It is part of a fundamental domain for our industrial partners in which a high-level competence is maintained. The second paper deals with the development of an innovative two-phase model describing the mechanical behavior of semicrystalline polymers and allowing calculations of structures including these polymers. The third paper is concerned by unidirectional glass-epoxy composites, which should lower weight and increase lifetime of industrial pipes. Corrosion models were used for ageing study of those composites and for helping the definition of specific mechanical tests. The fourth paper shows how the application of the theory of the homogenization is used to define an anisotropic elastic plate replacing a *Johnson* grid and then to validate a new refining reactor internal.

*The second issue (Vol. 57, No. 1) concerns drilling, riser vibrations and multiphase production.*

Drilling is the subject of two papers. The first one summarizes the state of the art on drillstring fatigue and uses the fracture mechanics concepts to propose research direction in order to improve drillstring reliability in the case of complex well and extended reach drilling or when abnormal drillstring mechanical behaviors occur. The second paper describes a methodology to design riser, which has given way to the engineering of the *Clip Riser*. This concept was developed several years ago by *IFP* and is now prepared for use in deep water.

For deep offshore production, the design of connection risers needed between surface and seabed facilities is of primary importance. It is addressed in two papers where studies of riser vibrations due to sea currents are presented. Vibrations can create important damages influencing lifetime of such mechanical elements.

Multiphase production is the scope of the last two papers. The first one deals with the modeling of transient multiphase flows and the definition of production control scenarios optimized by using simulations. The case studied illustrates a pipe subjected to flow instabilities, which for instance can occur during production of a mature field. The second paper relates to multiphase pumping, currently a widely accepted technology by the oil industry. It presents the performance of the helicoaxial technology invented and developed by *IFP*, its current utilization, and the new approaches such as sour gas reinjection in solution, required by environment concerns.

The works of the Applied Mechanics Department are led, in most cases, within the framework of diversified industrial and university partnerships. We gratefully acknowledge the contribution of *ANDRA*, *Coflexip Stena Offshore*, the *École centrale de Lyon*, the *École supérieure des ingénieurs de Marseille*, the *École polytechnique*, *TotalFinaElf* and *Johnson* which joined us to allow the release of these issues.

Éric Heintzé