

# Coalesceur électrostatique intégré au séparateur VIEC

## Technologie innovante de séparation pétrole/eau

Wojciech Piasecki, Marek Florkowski, Marek Fulczyk, Jakub Sipowicz,  
Hans Kristian Sundt

En production pétrolière *offshore*, l'effluent en sortie de puits est un mélange de pétrole, de gaz et d'eau. Le gaz est relâché alors que la pression diminue d'étage en étage, mais la séparation pétrole/eau est une tâche beaucoup plus difficile, a fortiori pour des pétroles bruts de viscosité élevée. Des gouttelettes d'eau en phases dispersées forment des émulsions eau/pétrole qui peuvent être extrêmement stables du fait de molécules et de particules tensioactives qui se fixent à l'interface eau/pétrole.

On utilise en général un procédé de séparation à plusieurs étages, le séparateur de premier étage étant un des équipements les plus volumineux

de la plate-forme pétrolière. Obtenir en sortie de séparateur un effluent ne contenant que 5–10 % d'eau prend du temps et nécessite l'injection de désémulsifiants chimiques.

ABB a notablement amélioré ce procédé en appliquant avec succès l'électrocoalescence au premier étage de séparation. Les travaux ont débouché sur le développement du coalesceur électrostatique intégré au séparateur VIEC (*Vessel Internal Electrostatic Coalescer*), équipement modulaire qui réduit l'épaisseur de la contraignante couche d'émulsion dans le séparateur du premier étage et diminue la quantité de désémulsifiants à injecter de 10 à 2 ppmv.

Le système VIEC d'ABB est un dispositif modulaire destiné à la fois aux installations neuves et aux projets de modernisation. Il a été développé à partir d'un concept original (présentant d'exceptionnelles propriétés désémulsifiantes) qui combine les fonctions d'un redresseur de débit mécanique (pilier perforé dans le séparateur de premier étage) et d'un coalesceur électrostatique [1].

## Description de la technologie

L'utilisation de la force électrostatique pour rompre les émulsions pétrole/eau et augmenter la taille des gouttelettes d'eau est une technologie ancienne et éprouvée [2]. Toutefois, les électrocoalesceurs traditionnels doivent être installés en fin de procédé de séparation car une teneur trop élevée en eau crée un court-circuit entre les électrodes. Pendant de nombreuses années, les installations de production offshore à travers le monde ont utilisé des coalesceurs électrostatiques pour obtenir une teneur en eau maxi de 0,5 % du pétrole. Un coalesceur force les fines gouttelettes d'eau à fusionner pour former des gouttes plus volumineuses à vitesse de sédimentation plus rapide. Par conséquent, la vitesse de décantation des gouttelettes d'eau dans le pétrole n'est pas uniquement fonction de la viscosité et de la densité, mais également du rayon au carré des gouttelettes. En doublant la taille moyenne des gouttelettes, on divise par quatre le temps de séparation. Un électrocoalesceur a donc pour mission d'augmenter la taille des gouttelettes.

## Théorie de la performance des coalesceurs

La caractéristique essentielle des coalesceurs électrostatiques est l'effet de l'intensité de leur champ électrostatique sur les gouttelettes conductrices (eau) dans un milieu iso-

lant (pétrole). En effet, soumises à un champ électrostatique, les gouttelettes d'eau deviennent des dipôles dont les charges électriques, dans un champ d'intensité suffisamment élevée, peuvent vaincre les tensions interfaciales, provoquant le drainage du film de pétrole et donc la coalescence.

La coalescence des gouttelettes dépend principalement des forces électrostatiques induites, de la rhéologie du film de pétrole, de la fréquence des chocs (elle-même fonction du niveau de turbulence) et de la concentration de l'émulsion. Les forces sont proportionnelles au carré du champ électrostatique et inversement proportionnelles à la distance interfaciale à la puissance quatre. Cela signifie que la distance entre les gouttelettes d'eau, et donc la concentration en eau, jouent un rôle central dans le procédé d'électrocoalescence. Si cette distance est supérieure au diamètre d'une gouttelette, l'électrocoalescence est, en fait, irréalisable car l'intensité requise du champ excède les limites pratiques. Bref, plus la concentration en eau est élevée, meilleures sont les per-

formances de l'électrocoalesceur, ce qui explique le développement du VIEC pour le premier étage de séparation. Tous les pétroles se caractérisent par une intensité de champ critique qui varie de 0,2 à 2 kV/cm, les pétroles lourds nécessitant l'intensité la plus élevée [3].

L'application d'un champ électrique de ce niveau à une émulsion eau/pétrole est susceptible de créer un pont d'eau salée entre les électrodes. Des plaques d'acier nu (nécessitant des dizaines de kV de différence de potentiel entre elles) servant traditionnellement d'électrodes, la probabilité d'un court-circuit est élevée. Tel est, en résumé, le principal obstacle à l'utilisation des électrocoalesceurs au niveau du premier étage de séparation. Le recours à un matériau diélectrique entre les électrodes et le fluide permet de résoudre ce problème. Au demeurant, isoler les électrodes constitue un réel défi car le matériau utilisé doit résister à l'environnement agressif à l'intérieur du séparateur du premier étage.

## Conception mécanique et électrique du VIEC

Les coalesceurs traditionnels sont constitués d'une grille métallique nue suspendue horizontalement dans une grande cuve sous pression remplie de liquide. La grille est suspendue par des isolateurs et raccordée à un transformateur 50/60 Hz situé dans la partie supérieure de la cuve. Pour protéger les appareils des courts-circuits et autres phénomènes, certains fournisseurs utilisent des électrodes isolées ou en matériau composite. D'un point de vue électrique, l'utilisation de plaques isolantes constitue un montage semblable à deux condensateurs en série: l'un est formé par la couche d'isolation des plaques alors que l'autre est



représenté par l'émulsion entre la surface des plaques. L'émulsion présente un facteur de dissipation diélectrique élevé, compliquant la construction d'un coalesceur isolé fonctionnant à 50/60 Hz car la faible impédance de l'émulsion provoque une forte chute de tension à travers la couche isolante.

Pour éviter cela, l'électrocoalesceur VIEC utilise un convertisseur de fréquence spécial qui décale la fréquence de service dans la zone des kHz. En combinant haute fréquence et isolant épais, le VIEC résiste mieux à l'environnement agressif du séparateur du premier étage, allant même jusqu'à en tirer parti.

Le module VIEC ressemble à un appareil moyenne tension ABB enrobé dans une résine époxy, comme les transformateurs de tension et de courant. Il comprend des électrodes alimentées par des transformateurs moulés dans une paroi époxy perforée à l'intérieur du séparateur. Des tubes de Téflon sont utilisés dans le moule pour créer des trous servant à l'écoulement turbulent du fluide. La turbulence augmente la vitesse de choc des gouttelettes d'eau et, par là-même, les performances du procédé. Les tubes jouent également le rôle de séparateurs miniatures permettant aux gouttelettes de se déposer en un film liquide.

Le temps de coalescence dans le module VIEC (de l'ordre de une à trois secondes) est étroitement lié aux propriétés du pétrole et à l'agencement de l'ensemble de l'installation.

La petite taille du module VIEC permet de l'insérer dans le séparateur par un trou de visite. Chaque module VIEC à enrobage époxy a son propre convertisseur de fréquence **1**, lui-même commandé par un poste opérateur utilisant un logiciel spécifique. Les convertisseurs produisent une tension sinusoïdale selon le principe de la modulation de largeur d'impulsions (MLI). Le circuit de traitement numérique du signal (DSP) permet de régler en ligne la fréquence et l'amplitude, et donc d'optimiser le

point de fonctionnement. Avec cette technologie, chaque module ne consomme pas plus de 50 W ce qui correspond, pour une installation typique de 40 modules, à une consommation moyenne totale inférieure à 2 kW. Par rapport aux électrocoalesceurs traditionnels mettant en œuvre de gros transformateurs de puissance 50/60 Hz, la miniaturisation de l'alimentation du module VIEC est un réel atout.

### Installation des électrocoalesceurs VIEC sur la plate-forme Troll C

La plate-forme offshore Troll C (cf. photo page 67), mise en service par Norsk Hydro en 1999, exploite les fines couches de pétrole sous le chapeau de gaz du gisement de Troll, plus gros producteur d'hydrocarbures du plateau continental norvégien. La plate-forme Troll C elle-même produit 220 000 barils de pétrole par jour.

Le premier étage du séparateur de la plate-forme fonctionnait à capacité réduite et la surveillance du niveau d'eau était mauvaise. Avec une teneur en eau du pétrole en sortie du séparateur supérieure à 10 %, il devenait urgent de trouver une solution.

Une unité pilote de l'électrocoalesceur VIEC d'ABB [4] a été mise en service en juin 2003 sur la plate-forme Troll C **2**. Elle comprend 36 modules (placés dans

2

Plate-forme Troll C :  
séparateur de premier étage  
avec le système VIEC

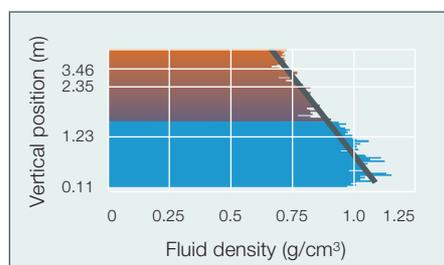


le premier étage de séparation) raccordés à l'alimentation centrale regroupant 36 convertisseurs de fréquence. Le système complet est divisé en deux parties, chacune raccordée à sa propre alimentation en courant continu.

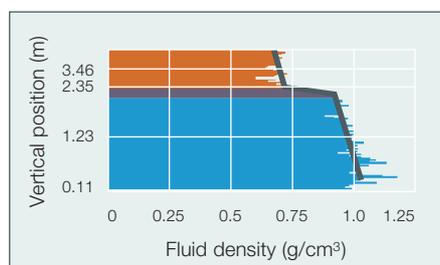
Depuis la mise en route de l'unité pilote, la qualité moyenne du pétrole en sortie du premier étage de séparation a été améliorée depuis fin 2003 par un facteur de trois, avec une teneur en eau ramenée entre 3 et 5 %. Les conditions d'exploitation ont été nettement améliorées, comme le prouve la réduction de la couche d'émulsion telle qu'illustrée par le profil de densité du séparateur en **3**. Lorsque le système VIEC est arrêté, le profil montre une variation très grande de la densité verticale. Cela signi-

3

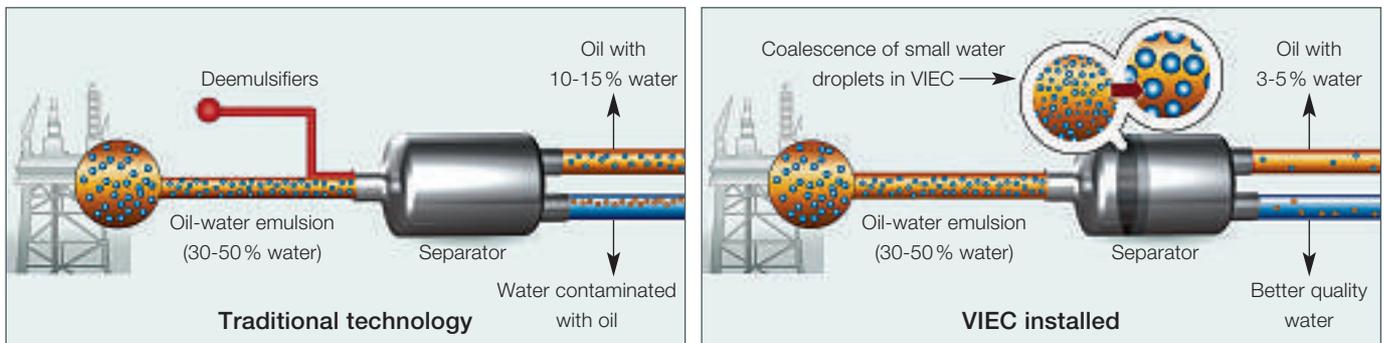
Ecran des profils de densité montrant une meilleure séparation des phases



Système VIEC arrêté



Système VIEC en marche



fié que la majeure partie du fluide présent dans le séparateur est encore de l'émulsion, alors que les fines couches de pétrole et d'eau occupent, respectivement, les parties haute et basse.

Lorsque le système VIEC est mis en marche, des interfaces clairement définies deviennent visibles. La partie haute de la cuve contient la phase de pétrole alors que l'eau se retrouve dans le bas, la couche d'émulsion se situant entre les phases de pétrole et d'eau. L'épaisseur de la couche interne est bien définie, ce qui permet de contrôler avec précision le niveau d'interface et donc le temps de séjour pétrole/eau. L'épaisseur de la couche d'émulsion est ramenée à un tiers lorsque le système VIEC est mis en marche. De fait, depuis son installation, le niveau d'injection de désémulsifiants a baissé de 10 ppmv à 1,5 ppmv, d'autres essais étant prévus pour le réduire encore.

Les performances du système VIEC peuvent être mises à profit pour diminuer la teneur en eau du pétrole, réduire l'injec-

tion de désémulsifiants ou encore augmenter la capacité à qualité égale, un ou plusieurs avantages qui peuvent être exploités selon le type d'huile et d'autres aspects du procédé de séparation. La figure 4 compare les performances de la séparation VIEC à celles de la technologie traditionnelle.

### Conclusions

L'installation pilote du système VIEC novateur d'ABB de la plate-forme Troll C est la première application mondiale de la technique de coalescence active dans des séparateurs de premier étage. Ses performances ont été reconnues et primées lors de la Conférence sur les Technologies Offshore de Houston (OTC 2004) où le VIEC a reçu le prestigieux «Technology Award».

Le système VIEC ouvre la voie à d'autres technologies s'appuyant sur l'électricité pour renforcer les performances de certains procédés de traitement. D'autres développements de cette nouvelle technologie pourraient bientôt per-

mettre une séparation sous-marine, en une seule étape, à des taux inférieurs à 2 %, ce qui contribuerait à supprimer les problèmes d'hydrate dans les conduites d'hydrocarbures sous-marines. La question de la séparation eau/pétrole n'étant pas cantonnée à la production pétrolière offshore, un système VIEC pour les installations à terre est également à l'étude.

**Wojciech Piasecki**

**Marek Florkowski**

**Marek Fulczyk**

**Jakub Sipowicz**

ABB Corporate Research

Cracovie (Pologne)

wojciech.piasecki@pl.abb.com

**Hans Kristian Sundt**

ABB Offshore Systems

Billingstad (Norvège)

hans-kristian.sundt@no.abb.com

### Bibliographie

- [1] Sande, G., Piasecki, W., Nilsen, P.J., 'A coalescing device', patent NO-316109, 2001
- [2] Harris, F.W., 'Dehydrator for petroleum emulsions and water controlled system for same', US patent 1 405 124, 1922
- [3] Aske, N., Kallevik, H and Sjöblom, J., 'Water-in-crude oil emulsion stability studied by critical electric field measurements. Correlation to physico-chemical parameters and near-infrared spectroscopy', *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2002, 36
- [4] Wolff E., Knutsen T. L., Piasecki, W., Hansson, P., and Nilsen P.J., 'Advanced electrostatic internals in the 1st stage separator enhance oil/water separation and reduce chemical consumption on the Troll C platform Offshore Technology Conference', Houston 2004