

TITRE DE LA THESE

**Modélisations numérique et analytique du comportement mécanique et multi-physique  
d'une phase haute-tension pour fermes offshore.**

Résumé

L'énergie électrique est au cœur d'enjeux écologiques, stratégiques et économiques à notre époque. Les déclarations politiques à répétition ne cessent de vanter les mérites d'un approvisionnement sûr, propre et durable en énergie, guidant le développement de nouvelles ressources alternatives à celles conventionnellement utilisées pour la production d'électricité.

L'énergie éolienne fait partie des ressources alternatives qui connaissent la croissance la plus rapide. Une partie de sa production se situe en territoires marins. Cette production s'organise au sein de sites appelés fermes éoliennes offshore. Les coûts d'investissement et de maintenance des fermes éoliennes en mer sont par contre très élevés. Une défaillance peut entraîner des pertes colossales dues à l'arrêt de la production. L'accès et l'intervention en milieu marin pour des opérations de maintenance nécessitent l'usage d'équipements spécifiques (bateaux, hélicoptères), d'ouvriers hautement qualifiés, ainsi que des conditions météorologiques favorables. La combinaison de ces facteurs résulte en un temps de réparation et de restitution de service assez long. Cela joue en défaveur de la rentabilité économique de la ressource énergétique de l'éolien en mer.

Les câbles sous-marins de transport d'énergie électrique obtenue par les fermes éoliennes offshore sont parmi les composants dont la maintenance est un défi majeur. Ces câbles constituent le réseau électrique de distribution et de transmission. Ce réseau permet de collecter et d'acheminer l'énergie produite par les éoliennes jusqu'aux rivages. Pendant cet acheminement, Les câbles d'énergie sous-marins sont soumis à des environnements agressifs (contraintes mécaniques et/ou chimiques, etc.) pouvant détériorer leur état, diminuer et/ou annuler leurs performances. Il est donc important de pouvoir en suivre l'évolution et détecter des indices de dégradation (ponctuels et/ou globaux).

Des méthodes de diagnostics des câbles électriques fondées sur la réflectométrie existent et permettent la détection et la localisation de défauts, mais l'analyse des signaux mesurés doit-être améliorée, notamment par l'utilisation de modèles. Le lien entre la dégradation physique du câble et les valeurs des paramètres électriques n'a, à notre connaissance, jamais encore été réalisé. En conséquence, nous ne sommes pas en mesure de connaître l'état réel du câble dans son environnement naturel d'évolution, encore moins sa durée de vie résiduelle.

Les travaux menés dans cette thèse visent à étudier le comportement mécanique sous environnements quasi-statiques et en fatigue cyclique afin de corréler les niveaux de déformation atteinte aux mécanismes d'endommagement opérants et qui reflètent la prolifération des défauts microstructuraux au sein des composants de la phase (Conducteur et isolants). Pour ce faire, nous proposons une modélisation numérique à l'aide d'Abaqus. Ensuite, toujours à l'aide de modélisations numériques, cette fois-ci utilisant Comsol, nous avons essayé de montrer l'impact des endommagements mécaniques sur les propriétés physiques (électrique et thermique) de la phase.

**Mots-clés :** Dégradation mécanique, Diagnostic filaire, Câbles d'énergie sous-marins, Energie éolienne offshore, simulation numérique, simulation analytique.