

## Offre de thèse - Impact du vieillissement environnemental sur la fatigue d'élastomères pour les énergies marines renouvelables

Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique, UMR CNRS 6183, Centrale Nantes  
Laboratoire Comportement des Structures en Mer, Ifremer, Centre Bretagne, Plouzané

### Encadrement

Directeur de thèse : Erwan Verron, 02.40.37.68.42, [erwan.verron@ec-nantes.fr](mailto:erwan.verron@ec-nantes.fr)  
Encadrant-es : Pierre-Yves Le Gac, 02.98.22.48.85, [pierre.yves.le.gac@ifremer.fr](mailto:pierre.yves.le.gac@ifremer.fr)  
Maelenn Le Gall, 02.98.22.41.63, [maelenn.le.gall@ifremer.fr](mailto:maelenn.le.gall@ifremer.fr)  
Participants : Michel Coret, 02.40.37.16.36, [michel.coret@ec-nantes.fr](mailto:michel.coret@ec-nantes.fr)  
Adrien Leygue, 02.40.37.25.16, [adrien.leygue@ec-nantes.fr](mailto:adrien.leygue@ec-nantes.fr)

### Contexte

L'Europe a pour objectif de porter la part des énergies renouvelables à au moins 30 % d'ici 2030. La France possédant le deuxième espace maritime mondial, elle présente un fort potentiel de développement des Energies Marines Renouvelables (EMR). Cependant à l'heure actuelle les technologies EMR n'ont pas atteint un stade de maturité suffisant pour un déploiement industriel de grande ampleur. Des efforts de recherche académique et industrielle sont encore nécessaires.

Depuis quelques années, l'utilisation des matériaux élastomères dans des structures liées aux EMR suscite un intérêt grandissant, aussi bien du point de vue académique qu'industriel. Par exemple, les élastomères sont utilisés comme amortisseurs dans les amarrages d'éoliennes flottantes et comme revêtement déformable dans certains concepts de convertisseurs de l'énergie des vagues. Comme pour les autres applications industrielles, l'intérêt pour ces matériaux s'explique par leurs propriétés d'amortissement et leur résistance en fatigue [1]. Cependant leur utilisation est actuellement limitée par la méconnaissance de leur tenue dans le temps en conditions applicatives, c'est-à-dire l'impact du vieillissement environnemental sur leur durée de vie en fatigue mécanique.

### Sujet de la thèse

La présente thèse s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche collaboratif entre Ifremer (Brest) et Centrale Nantes. Elle vise à comprendre et quantifier l'impact du vieillissement d'élastomères en milieu marin sur leur comportement en fatigue. L'étude comprend trois grandes parties :

1. La première partie, expérimentale, consistera à caractériser l'impact du vieillissement en milieu marin à l'échelle du réseau macromoléculaire. À l'échelle macroscopique, cet impact sera mesuré pour des éprouvettes standard (traction uniaxiale) aussi bien pour la réponse mécanique (courbe contrainte-déformation) que pour la durée de vie en fatigue [2].
2. La deuxième partie, expérimentale, aura pour objectif la mesure de l'influence du vieillissement couplé à la déformation (notamment multiaxiale). Pour cela, nous utiliserons la technologie Data Driven Identification (DDI) développée par Adrien Leygue au GeM ; celle-ci couple corrélation d'images numériques et méthodes d'analyse de données [3,4]. Plus précisément, des éprouvettes déformées de manière inhomogène seront vieilles puis les déformations et

les contraintes seront mesurées pour diverses sollicitations, par la corrélation d'images numériques et la DDI respectivement.

3. La troisième partie, théorique, permettra de développer une loi de comportement couplant le vieillissement environnemental et la fatigue des élastomères. Ainsi, le rôle du chargement mécanique sur la nature et la cinétique de modification du réseau macromoléculaire sera modélisé afin d'estimer la durée de vie de pièces simples [5]. Si la durée de la thèse le permet, cette loi sera implémentée dans un code de calcul industriel et des essais complémentaires sur pièces complexes pourront être menés à bien.

## Encadrement

L'équipe d'encadrement réunira :

- Des compétences théoriques sur le comportement mécanique des élastomères (E. Verron à Centrale Nantes) et sur le vieillissement des polymères (M. Le Gall à Ifremer),
- Des compétences expérimentales sur les techniques de corrélation d'images (M. Coret à Centrale Nantes) et sur les essais de vieillissement en milieu marin et de caractérisation mécaniques complexes (P.-Y. Le Gac à Ifremer),
- Des compétences numériques pour la mécanique numérique et l'analyse de données (A. Leygue à Centrale Nantes).

La thèse s'effectuera sur les deux sites, à Centrale à Nantes et Ifremer à Brest, avec une répartition de 50% / 50%. L'organisation exacte des temps de présence sur chaque site est à définir en fonction des besoins du projet. Un budget est prévu pour permettre cette alternance dans de bonnes conditions.

## Rémunération

Le/la doctorant-e sera employé-e par Ifremer. La rémunération est de 1900€ brut/mois, avec la possibilité d'effectuer des vacances d'enseignement à Centrale Nantes.

## Candidature

Envoyer CV et Lettre de Motivation à [maelenn.le.gall@ifremer.fr](mailto:maelenn.le.gall@ifremer.fr)

Date limite 26/05/2021

## Références

[1] Davies P., Le Gac P.Y., Le Gall M., Arhant M., Humeau C. (2018). Durability of Polymers and Composites: The Key to Reliable Marine Renewable Energy Production. ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering Volume 10: Ocean Renewable Energy Madrid, Spain, June 17–22, 2018, OMAE2018-77558

[2] Bardin, A., Le Gac, P. Y., Bindi, H., Fayolle, B. (2020). Relationships between molar mass and fracture properties of segmented urethane and amide copolymers modified by chemical degradation. *Journal of Polymer Science*, 58(22), 3170-3182.

[3] Leygue A., Seghir R., Réthoré J., Coret M., Verron E., Stainier L. (2019). Non-parametric material state field extraction from full field measurements, *Computational Mechanics*, 64(2), 501-509.

[4] Dalémat M., Coret M., Leygue A., Verron E. (2019). Measuring stress field without constitutive equation, *Mechanics of Materials*, 136, 103087.

[5] Narynbek Ulu, K., Huneau, B., Le Gac, P.-Y., & Verron, E. (2016). Fatigue resistance of natural rubber in seawater with comparison to air. *International Journal of Fatigue*, 88, 247-256.

