

Proposition de sujet de thèse

Modélisation de la réponse de structures marines soumises à des impacts de vagues et évaluation des risques de défaillance associés



Machine de choc de l'ENSTA Bretagne



Éoliennes dans un champ de vagues

Mots-clés : dynamique des structures marines, interactions fluide-structure, houle et états de mer, méthodes probabilistes et fiabilistes, énergies marines renouvelables

Contexte et enjeux

Les structures en mer (offshore et navales) ou en environnement côtier, comme les systèmes de récupération des énergies marines renouvelables, sont généralement soumises à des sollicitations sévères, liées par exemple au vent, au courant et à la houle. Pouvoir dimensionner de manière adéquate ces structures et garantir leur intégrité sur leur durée de vie nécessite une connaissance fine de ces sollicitations et des réponses structurales qu'elles induisent. Les travaux de recherche proposés visent à mieux appréhender la réponse dynamique de structures marines sous l'effet d'impacts de vagues, dans l'optique de prédire les endommagements engendrés. Ces endommagements peuvent conduire à la défaillance de la structure, soit par dépassement de la résistance ultime de la structure, soit par fatigue, suite à un grand nombre d'impacts répétés. La conception robuste de structures marines implique de pouvoir répondre aux questions suivantes :

- Comment décrire les chargements et la réponse structurale induits par les impacts de vagues ?
- Comment évaluer le risque de défaillance sur la durée de vie de la structure ?

Ces questions sont cruciales, dans l'optique de dimensionner « au plus juste » une structure marine (en garantissant un niveau de risque jugé acceptable). Le cas d'application envisagé porte sur le dimensionnement de structures tubulaires, utilisées par exemple pour la construction d'éoliennes en mer (posées ou flottante).

Objectifs et méthodes

L'objectif du sujet proposé vise à mettre en place différents outils de modélisation permettant de décrire la réponse hydro-élastique d'éléments de structures marines soumises à des impacts de vagues, et de caractériser les risques de défaillance sur leur durée de vie.

Les travaux de la thèse s'articuleront autour des actions suivantes :

- 1) Développement d'un modèle semi-analytique pour décrire la réponse hydro-élastique d'éléments structuraux sous l'effet d'impacts de vagues. Nous nous intéresserons au cas de structures tubulaires. Ce type

de structures est couramment utilisé dans le domaine offshore, par exemple pour les plateformes supportant les éoliennes en mer. La modélisation des chargements d'impact reposera sur la théorie de Wagner et sera couplée à un modèle structural de type « poutre ». L'outil développé permettra d'obtenir la réponse de la structure avec des temps de calcul courts, dans l'optique d'être ensuite intégré dans une chaîne de calculs stochastiques.

2) Réalisation d'essais de validation. Ces essais auront pour objectif d'obtenir des données expérimentales permettant de vérifier les capacités prédictives des modèles développés. Ils seront réalisés à l'aide de la machine de choc de l'ENSTA Bretagne, qui permet de réaliser des essais d'impact hydrodynamique avec une très bonne maîtrise des conditions expérimentales (cinématique d'impact). Différents moyens de mesure (jauges de déformation, accéléromètres, caméra rapide, capteurs de pression) seront utilisés afin de suivre la réponse de la structure au cours de l'impact.

3) Caractérisation des risques de défaillance. Les modèles développés précédemment seront mis en œuvre pour étudier la durabilité de structures en mer et plus précisément les risques de défaillance. Différents modes de ruine pourront être considérés : dépassement de la résistance ultime et endommagement par fatigue causé par la répétition d'impacts. Pour cela, le modèle hydro-élastique devra être intégré dans une approche probabiliste. Dans un premier temps, une approche de type Monte-Carlo sera mise en œuvre pour évaluer la distribution des sollicitations structurales sur un état de mer donné. Dans un second temps, cette approche probabiliste « court terme » (intra état de mer) sera intégrée dans un scénario « long terme » prenant en compte les statistiques d'états de mer attendus localement. Ultimement, l'outil devra permettre d'évaluer les probabilités de défaillance sur la durée de vie de la structure.

Localisation et laboratoire de rattachement

La thèse se déroulera au sein de l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL, UMR CNRS 6027, www.irdl.fr), sur le site de l'ENSTA Bretagne à Brest.

Financement

Les organismes sollicités pour le financement de cette thèse sont la Région Bretagne et Brest Métropole Océane. La date envisagée pour le début du contrat doctoral est le 1^{er} octobre 2022. Le salaire mensuel brut est de l'ordre de 2150 euros ou 2400 euros (ce dernier montant correspondant à un contrat incluant des activités complémentaires d'enseignement).

Profil recherché

Titulaire du grade de master (université ou école d'ingénieur), le·la candidat·e devra avoir une formation solide en mécanique et/ou en mathématiques appliquées. Des compétences dans au moins un des domaines suivants sont souhaitables : mécanique des structures, mécanique des fluides, théorie des probabilités et statistiques. Des connaissances dans le domaine de l'ingénierie maritime et offshore seront considérées favorablement.

Renseignements et candidature

Le dossier de candidature devra inclure un CV, une lettre de motivation, un relevé des notes obtenues au cours de la scolarité (années M1 et M2), ainsi qu'un certificat de scolarité (année en cours) ou une attestation de diplôme. Ces pièces doivent être envoyées par mail au plus tard le 20 mai 2022, à l'équipe d'enseignants-chercheurs proposée pour l'encadrement :

- Nicolas JACQUES, nicolas.jacques@ensta-bretagne.fr, tél. : 02 98 34 89 36
- Aboulghit EL MALKI ALAOUI, aboulghit.el_malki_alaooui@ensta-bretagne.fr, tél. : 02 98 34 89 62
- Romain HASCOËT, romain.hascoet@ensta-bretagne.fr, tél. : 02 98 34 87 48