

DIMENSIONNER LES FONDATIONS D'ÉOLIENNES EN MER



En jaune, la sous-structure, intermédiaire entre mât et monopieu de fondation, des 32 machines MHI Vestas, extension 2015-2017 de la ferme éolienne de Burbo Bank, au large de Liverpool (Angleterre), développée par Orsted.

© ORSTED

Calculer les fondations d'éoliennes offshore consiste à s'approcher au plus près de la réalité du milieu marin difficile à modéliser. Des recommandations adaptées au littoral français ont été publiées par le CFMS.

Les fondations sont la principale différence entre éoliennes marines et terrestres, selon le Syndicat des énergies renouvelables. Les machines et leur base sont mises à rude épreuve en milieu marin et intervenir à 10-20 km des côtes revient plus cher qu'à terre. Les fondations absorbent 20% environ du coût global d'un projet.

Les éoliennes offshore sont plus puissantes que les autres, jusqu'à 8 MW. Des modèles de 15 MW sont en développement.

Un groupe de travail spécifique a été mis sur pied en 2012 au sein du Comité français de mécanique des sols et de géotechnique (CFMS). Par ailleurs, le projet national Solcyp 2008-2015 a mené des recherches sur les pieux de fondation

soumis à des sollicitations cycliques. Il a été repris par France énergies marines⁽¹⁾ et se concentre sur l'éolien offshore (Solcyp+, 2017-2020). Les participants à ces groupes ont fait part de leurs travaux à la journée technique du 6 décembre où étaient présentées les *Recommandations pour la conception et le calcul des fondations d'éoliennes offshore* (CFMS, août 2018).

Le document de 270 pages rassemble les connaissances existantes et les adapte au contexte et habitudes français⁽²⁾. Il incorpore les enseignements du projet Solcyp sur les sols comme la craie, les sables carbonatés, les calcarénites (grès), présents sur le littoral. Il s'appuie sur des normes internationales dont la IEC 61400-3, traduite en NF EN 61400-3

sur les exigences de conception des éoliennes en pleine mer (2009).

→ **Études de terrain primordiales**

Les spécialistes des fondations d'éoliennes en mer veulent les dimensionner au plus juste selon ce qu'ils en connaissent à l'heure actuelle. Ils visent la sécurité des implantations et leur maintien en bon état.

Le calcul des charges et des sollicitations sur une fondation d'éolienne dépend de la dynamique de la structure de la machine et des interactions entre sol et structure. Ce couplage est à prendre en compte dès la préparation du projet.

« *Le mode de fondation est la première chose que nous choisissons dans un projet et après, nous nous y tenons, développe Patrick Berthelot (PBe Conseils), président du groupe de travail CFMS. C'est pourquoi les études de terrain sont primordiales.* »

Certaines charges cycliques spécifiques aux fondations offshore sont difficiles à cerner : tempêtes, vagues qui peuvent s'enchaîner. Les méthodes tentent d'approcher au plus près une certaine réalité.

→ **Éviter l'excitation des fréquences**

La machine, elle-même, génère des charges cycliques. « *Les 3 pales ne font jamais exactement le même poids,* » précise Patrick Berthelot, également coordinateur du comité de rédaction des recommandations avec Françoise Ropers (consultante Terrasol) et Alain Puech (Fugro Geo Consulting). D'où un petit déséquilibre permanent auquel s'ajoute le passage devant le mât à chaque rotation. La mer et le vent accentuent ces phénomènes.

DATE À RETENIR :
18 JUIN

Le Comité français de mécanique des sols et de géotechnique organise le 18 juin (lieu à préciser) une conférence sur l'aperçu des défis de la géotechnique offshore.

www.cfms-sols.org

Dans l'interaction sol-structure, veiller à ce que : « *Les fréquences de la structure globale de l'éolienne soient éloignées de celles auxquelles est soumis l'ouvrage, liées à la rotation des pales, au vent, aux vagues, etc.,* » rappelle Françoise Ropers. Si elles entrent en résonance (plage d'excitation), cela peut conduire à l'emballement et à l'arrachement.

→ **Monopieu de 10 m de diamètre**

Le monopieu est la fondation offshore la plus courante. Son diamètre, jusqu'alors de 6-9 m, s'approche des 10 m voire plus mais il arrive un moment où le tube métallique, trop lourd et encombrant, devient difficile à installer.

Recommandations sur www.cfms-sols.org/documentation/normes-et-recommandations

⁽¹⁾ Partenariat entre le public et le privé sur les énergies marines renouvelables.

⁽²⁾ Les ancrages d'éoliennes flottantes ne sont pas traités.

SIX FERMES OFFSHORE EN FRANCE

Six parcs éoliens en mer sont lancés sur les côtes françaises suite à deux appels d'offres par lesquels l'État s'est engagé à racheter la production électrique*. Ces fermes de 62 à 80 éoliennes de 6 ou 8 MW/unité totalisent 2900 MW.

Pour la suite, la programmation pluriannuelle de l'énergie (cf. page suivante) ne propose que 5 GW en service en 2028 contre 10 attendus par les professionnels qui ont investi pour être compétitifs.

* Cf. Travaux n°944, septembre 2018, page 8.