

**Titre :** Étude numérique de la tenue à la mer de navires-énergie

**Mots clés :** Tenue à la mer, Stabilité du navire, Théorie des écoulements à potentiel de vitesse, Navire-énergie, Rotors Flettner

**Résumé :** Propulsé par le vent via des rotors Flettner et équipé d'hydrogénérateurs sous sa coque, le navire-énergie est une technologie innovante qui permet la conversion de l'énergie du vent en électricité tout en se déplaçant. La production d'énergie est maximale pour des conditions de navigation de vent de travers. Or, le vent de travers est souvent synonyme de houle de travers, ce qui peut poser problème vis-à-vis des enjeux de sécurité à bord et d'intégrité structurelle dans la mesure où le navire sera particulièrement excité en roulis. Il est donc crucial de prédire quels seront les mouvements et accélérations maximaux subis par le navire durant son cycle de vie, ce qui constitue l'objectif de cette thèse.

Pour atteindre cet objectif, deux simulateurs de tenue à la mer adaptés à un design de navire-énergie ont été développés : le premier, en domaine fréquentiel, se base sur le code de tenue à la mer "NEMOH" développé par le LHEEA à l'ECN. Le deuxième, en domaine temporel, s'appuie sur le simulateur instationnaire SyD développé par la société VPLP Design,

dans lequel des contributions ont été apportées sur la modélisation des hydrogénérateurs et des rotors Flettner. Ces simulateurs ont été exploités pour étudier la tenue à la mer d'un navire-énergie qui serait déployé dans une région située au large de la Guadeloupe, en utilisant une méthodologie réglementaire. Les résultats de simulation sont comparés entre eux et aux valeurs préconisées par la réglementation. On observe un bon accord quant aux prédictions des mouvements et accélérations en roulis pour des scénarios de navigation par houle de travers.

Le simulateur temporel a également été utilisé pour étudier la stabilité dynamique du navire dans le cas d'une rafale et rotation du vent. Les résultats montrent que ce scénario ne présente pas d'enjeu dans le cas du navire-énergie étudié dans la thèse.

Enfin, la thèse aborde l'impact des rotors sur la tenue à la mer. Selon les conditions de navigation, les résultats indiquent que les rotors peuvent avoir un effet d'amortissement ou d'amplification des mouvements, mais l'impact reste limité sur les mouvements du navire.

**Title :** Numerical study of the seakeeping behaviour of Energy ships

**Keywords :** Seakeeping, Ship stability, Potential flow theory, Flettner rotors, Energy-ship

**Abstract :** Propelled by wind through Flettner rotors and equipped with water-turbines beneath the hull, the energy ship is a new technology enabling the conversion of wind energy into electricity while sailing. Its maximal power production is achieved while sailing beamwind. However, beamwind will often correspond to beam sea conditions, which can cause safety and structural integrity issues as the ship will be particularly prone to rolling. Therefore, it is crucial to predict the maximum motions and accelerations experienced by the ship during her lifetime, which constitutes the objective of this thesis. To achieve this objective, two seakeeping simulators suited to an energy-ship design have been developed: the first one, in the frequency domain, is based on the seakeeping code "NEMOH" developed by LHEEA at ECN. The second one, in the time-domain, relies on the unsteady simulator SyD developed by VPLP Design, with contributions made to the physical modeling of the water-turbines

These simulators were used to study the seakeeping behaviour of an energy-ship that would be deployed in a region offshore of French Guadeloupe, using a classification society based methodology. Simulation results are compared to each other and to values recommended by regulations. It is found that there is a good agreement regarding predictions of roll motions and accelerations for beam sea conditions. The time-domain simulator was also used to study the dynamic stability of the ship in the case of wind gusts and wind rotation. The results show that this scenario does not present a significant challenge for the energy-ship design studied in the thesis.

Finally, the thesis addresses the impact of the rotors on the seakeeping behaviour. Depending on the navigation conditions, the results indicate that the rotors can have a damping or destabilizing effect on the ship's motions, but the impact remains limited on the ship motions.