

# Utilisation de PGMs Dans le Domaine des Opérations Maritimes: Planification de Trajectoires Dans des Mers Incertaines

**Gaspard Ducamp**

Maritime Research Institute Netherlands (MARIN)  
Haagsteeg 2, 6708 PM Wageningen, Nederland  
g.ducamp@marin.nl

## Abstract

MARIN, institut de recherche néerlandais en hydrodynamique et technologie maritime, est un établissement reconnu dans le monde pour son expertise sur toute la chaîne de production de navires et infrastructures offshores, de la conception aux tests expérimentaux jusqu'au suivi des performances en mer en passant par la formation des équipages et techniciens. Depuis 2019, MARIN cherche à développer son expertise en science des données et machine learning, outils indispensables à la bonne réussite de ses objectifs. Après avoir présenté MARIN, son fonctionnement et la nature de ses missions nous illustrerons son travail de recherche appliquée au travers d'un projet actuellement mené alliant prédictions météorologiques, planification d'itinéraires et modèles graphiques probabilistes.

## MARIN

Après la crise économique mondiale des années 20 et la reprise de l'industrie navale néerlandaise, plusieurs institutions ont décidé de financer la construction d'un bassin de traction pour s'assurer de la performance des navires commandés, le *Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation* (NSP). L'attractivité d'une telle installation entraîna la construction de bassins complémentaires durant les décennies suivantes, dont un bassin dépressurisé pour étudier les problèmes liés à la cavitation des hélices. C'est en 1980, lors de la fusion de NSP avec le *Netherlands Maritime Institute* qu'est créé MARIN. Les objectifs de l'institut sont alors multiples:

- Permettre de construire et tester des modèles dans des conditions expérimentales diverses et contrôlées.
- Évaluer la performance des bâtiments en activité.
- Concevoir des outils de calculs et de simulations<sup>1</sup> pour appuyer et compléter les analyses expérimentales.
- Former les différents acteurs liés aux opérations maritimes, des capitaines aux officiers des services du trafic maritime, à l'aide de simulateurs<sup>2</sup>.

Les clients de MARIN sont variés et comptent parmi eux des chantiers navals, des organismes de certifications, des industries offshores ainsi que des institutions publiques et des

<sup>1</sup><https://www.marin.nl/en/about/facilities-and-tools/software/>

<sup>2</sup><https://www.marin.nl/en/about/facilities-and-tools/simulators>

marines nationales. Son positionnement central, son statut et son financement diversifié permettent à MARIN de maintenir son indépendance et de mener des études en accord avec le *Netherlands Code of Conduct for Research Integrity Principles*<sup>3</sup>.

Les ambitions de recherche de MARIN ont été précisées lors de son dernier plan pluriannuel afin de répondre au mieux aux défis qui attendent les acteurs du secteur maritime et conséquemment la société<sup>4</sup>. Les principaux objectifs présentés sont les suivants:

1. Accompagner la conception de solutions décarbonées pour les navires actuels et futurs.
2. Réduire le nombre d'accidents en mer, dans les ports et sur les rivières.
3. Soutenir la recherche sur la production d'énergie et de nourriture en mer.

Si ces ambitions sont alignées avec l'expertise de MARIN, l'utilisation de méthodes issues de la science des données sont apparues comme un levier important pour supporter celles-ci. L'équipe Data Science du département de Research & Development travaille conjointement avec les autres départements pour des projets clients, au développement d'outils internes mais aussi au travers de projets européens ou collaboratifs<sup>5</sup> avec des partenaires industriels et académiques variés.

Les champs de recherche et outils utilisés sont nombreux, allant de l'apprentissage par renforcement pour limiter les impacts ressentis par les passagers de bateaux pneumatiques à l'utilisation de réseaux de neurones pour estimer les caractéristiques locales de vagues à partir des mouvements d'un navire (Scholcz and Mak 2020). La nature incertaine des opérations maritimes en fait un domaine propice à l'exploration de méthodes basées sur l'utilisation de modèles graphiques probabilistes.

## Planification d'itinéraires

Dans ce projet nous cherchons à évaluer l'utilisation de modèles graphiques probabilistes pour anticiper les

<sup>3</sup><https://www.nwo.nl/en/netherlands-code-conduct-research-integrity>

<sup>4</sup><https://www.marin.nl/en/about/strategy>

<sup>5</sup><https://www.crships.org/>

mouvements d'un navire en fonction de prédictions météorologiques. Si efficace, une telle approche pourrait permettre de proposer des itinéraires confortables aux passagers d'un navire lorsque les solutions actuelles se focalisent sur la recherche de trajets courts, rapides ou économiques.

### Prédictions météorologiques et réseaux bayésiens

Une solution étudiée se base sur l'utilisation d'un réseau bayésien préalablement appris sur un jeu de données généré en utilisant des informations sur la géométrie du navire étudié, son chargement, sa vitesse et différentes conditions environnementales.

En nous basant sur la bibliothèque pyAgrum (Ducamp, Gonzales, and Wuillemin 2020) nous pouvons facilement apprendre un tel modèle et inférer les probabilités d'observer certains mouvements dans des conditions de navigation particulières, comme le montre les figures 1 et 2.

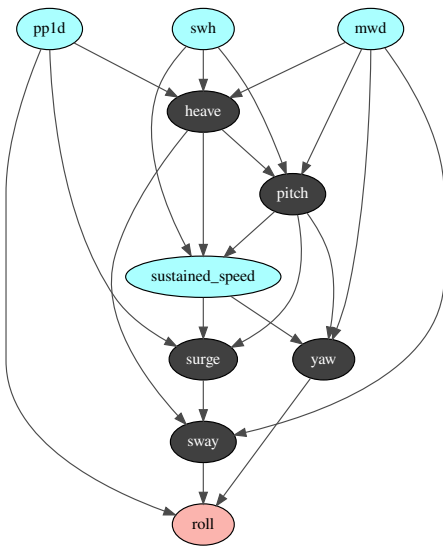


Figure 1: Exemple de BN appris avec un dataset synthétique. Les variables *pp1d*, *swh*, *mwd* et *sustained\_speed* correspondent aux périodes des vagues, à leurs hauteurs significatives, à leurs directions moyennes et à la vitesse du navire, les autres variables caractérisent ses mouvements.

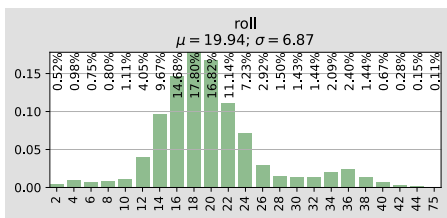


Figure 2:  $P(\text{roll}|pp1d=20, swh=8, mwd=100, speed=10)$

Dans le cadre de ce projet nous utiliserons des projections issues du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (ECMWF). Ces grilles

spatio-temporelles peuvent être basées sur un modèle unique (HFES) dont la résolution spatiale est fine (9km) ou sur un ensemble de 50 prédictions générées en perturbant autant de fois un même modèle initial (ENS), comme l'illustre la figure 3 issue de <sup>6</sup>. La résolution spatiale de ces dernières est moindre (18km) mais elles offrent une meilleure estimation des états possibles à moyen ou long terme.

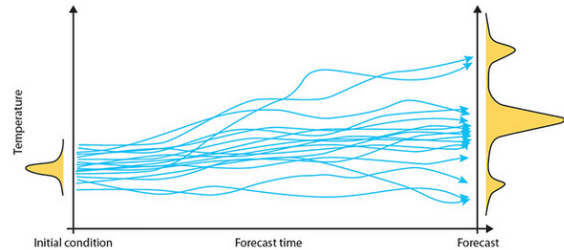


Figure 3: Un ensemble de prévisions produit une gamme de scénarios possibles plutôt qu'une valeur prédite unique.

En utilisant un algorithme de planification tel que Theta\* (Daniel et al. 2010) sur ces projections conjointement avec notre moteur d'inférence probabiliste nous pourrions conditionner l'évaluation des points de la trajectoire par les probabilités a posteriori des mouvements du navire en ces points. Ne seront par exemple pris en compte que les points vérifiants:

$$P(\text{roll} > 20 | \text{conditions\_locales}) < 0.9.$$

Une telle approche ne vient cependant pas sans difficultés; la qualité des données d'apprentissage est dépendante de la fidélité de l'outil utilisé pour les générer et celles-ci étant continues elles imposent, en l'état, une discrétisation arbitraire dont l'impact sur les performances du moteur d'inférence est critique. Les différentes manières de prendre en compte des prédictions multiples (approche ENS) en un même point lors des inférences doivent être considérées.

### References

Daniel, K.; Nash, A.; Koenig, S.; and Felner, A. 2010. Theta\*: Any-Angle Path Planning on Grids. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 39: 533–579.

Ducamp, G.; Gonzales, C.; and Wuillemin, P.-H. 2020. aGrUM/pyAgrum : a Toolbox to Build Models and Algorithms for Probabilistic Graphical Models in Python. In *10th International Conference on Probabilistic Graphical Models*, volume 138 of *Proceedings of Machine Learning Research*, 609–612. Skørping, Denmark.

Scholcz, T. P.; and Mak, B. 2020. Ship As a Wave Buoy: Estimating Full Directional Wave Spectra From In-Service Ship Motion Measurements Using Deep Learning. volume Volume 1: Offshore Technology of *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*.

<sup>6</sup><https://confluence.ecmwf.int/display/FUG/>