

SESSION ATMA 2023

VALEURS EXTRÊMES DE VAGUES ET DE MOUVEMENTS DE NAVIRE

MODELES DU MAXIMUM MAXIMORUM

17/10/2023

Julien MORESVE



Corporate Sensitivity
PUBLIC

1

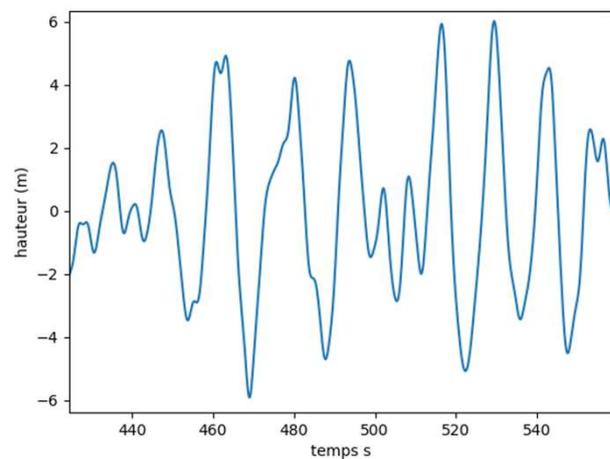
LA QUESTION

Les vagues et les mouvements de navire associés sont des processus aléatoires bien décrits dans la littérature ainsi que dans les normes du domaine.

Quel modèle utiliser en fonction de la question posée à l'ingénieur?

Doit-on utiliser le même modèle pour:

- Le dimensionnement du navire sur toute la durée de son cycle de vie
- Le dimensionnement de ses installations utilisées sur une période maîtrisée
- Déterminer des limites d'opérations particulières (appontage d'hélicoptère, lancement et récupération d'embarcations, etc.)



2

ETAT DE L'ART

Très souvent on utilise un modèle de Rayleigh
(Weibul ordre 2)

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

Le modèle du maximum est alors

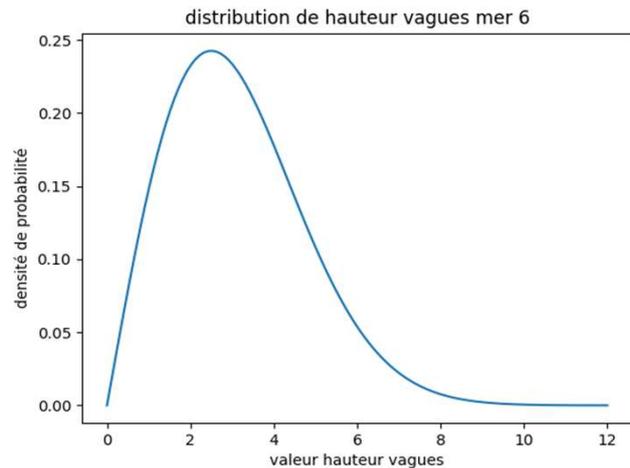
$$m = \sigma \sqrt{-2 * \ln(P)}$$

Ceci est généralement valide et applicable à
beaucoup de questions.

*Mais ceci conduit à un maximum qui croit
indéfiniment avec la durée d'observation (queue
infinie):*

$$\lim_{P \rightarrow 0} m = +\infty$$

-> Pas de maximum maximorum



3

PROPOSITION

La distribution de Poisson est réputée applicable aux évènements rares pendant un laps de temps
donné, et décorrélés les uns des autres (catastrophes, accidents,...)

Une de ses récentes généralisation trouve sa formulation dans la théorie des valeurs extrêmes avec
la distribution généralisée de Pareto (dite GPD).

Le modèle du maximum est alors

$$m = \frac{\sigma}{\xi} (P^{-\xi} - 1)$$

Cette fois

$$\lim_{P \rightarrow 0} m = -\frac{\sigma}{\xi}$$

$-\sigma/\xi$ est alors un maximum maximorum du phénomène

4

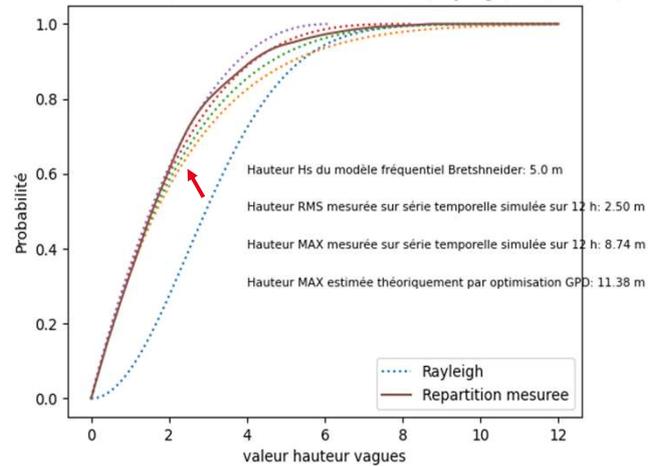
EVALUATION

En simulant un signal aléatoire avec un spectre de Bretschneider, on compare les fonctions de répartition des valeurs qui dépasse un seuil.

On observe que:

- Le modèle GPD est plus fidèle à la fonction de répartition mesurée (comptage de dépassements), notamment pour les faibles seuils
- Sur une durée d'état de mer constant pendant 12h le maximum rencontré est d'environ 3.5 sigma (8.74m/2.5m) alors que le maximum maximorum est estimé à 4.5 sigma (pire cas à 11.38m).

Mer6: Probabilités de franchissement de seuil (Rayleigh,GPD,Mesure)



5

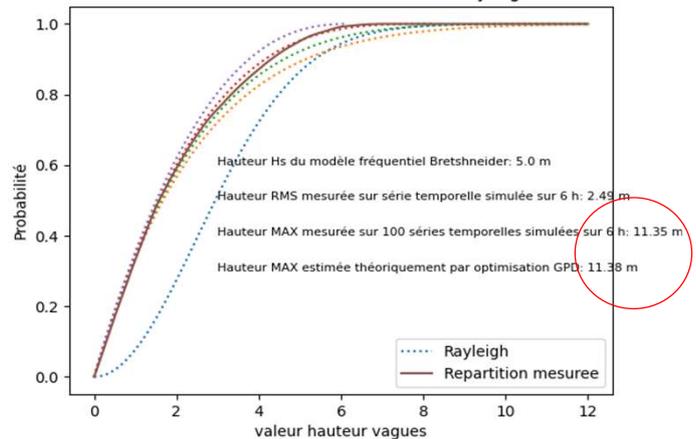
CONFIRMATION

En rejouant 100 fois l'évaluation, et en comparant les maxima mesurés

On observe que:

- Le maximum rencontré est très proche du maximum maximorum (4.5 sigma)

Mer6: Probabilités de franchissement de seuil (Rayleigh,GPD,Mesure)



6

CONCLUSIONS



- La distribution statistique de Rayleigh est moins adaptée que la distribution généralisée de Pareto (GPD) pour déterminer des probabilités de franchissement de seuil, notamment pour les petites valeurs.
- De plus, dans des conditions quasi-constantes caractérisées (états de mer), la GPD permet d'établir un maximum maximum à ces mouvements, ce qui peut être utile à définir des limites sécuritaires pour les opérations comme l'appontage d'hélicoptères, quelles qu'en soient leurs durées.

7

PERSPECTIVES



- ❖ Il serait intéressant de confronter ce modèle à un ensemble de maxima de mouvements de navire **mesurés à la mer** et datés, et non pas des valeurs RMS.
- ❖ L'évaluation du facteur de forme ξ est à systématiser. Il est possible même d'envisager des modèles de distributions statistiques par régression (polynomiale, gradients, apprentissage **en ligne**, etc...) de ces mesures à la mer, et encore améliorer ces prévisions, que ce soit sur les vagues ou les mouvements de navire associés.
- ❖ Une approche sécuritaire en début de vie, pourrait être ré-évaluée en milieu de vie et restituer plus de domaine opérationnel (rejoignant la notion d'ouverture de domaine).
- ❖ Outre la connaissance brute d'un maximum maximum, il est possible d'évaluer une distance entre la valeur instantanée et ce maximum, permettant d'envisager une évaluation du risque en ligne.
- ❖ Ces considérations statistiques pourront être améliorées par de futurs systèmes déterministes (mesures de vagues, modèles de propagation,...) et d'apprentissage par IA.

8

REFERENCES

- [1] Les états de mer naturels, Jean Bougis
- [2] Météorologie Générale et Maritime, MétéoFrance
- [3] Ship seakeeping, STANAG 4194
- [4] Neural Networks and Sea Times Series Reconstruction and Extreme Event Analysis, Tirozzi, Puca, Pittalis, Brushi, Morucci, Ferraro, Corsini
- [5] Guidance for Long-term Hydro-Structure calculations – NI 638 – Bureau Veritas

MERCI DE VOTRE ECOUTE !