

**UN OUVRAGE POUR LES PASSIONNES DE LA MER**  
**« *Anatomie curieuse des vagues scélérates* »**

**Michel OLAGNON**

Ifremer – Centre de Bretagne – Plouzané (France)

**Michel HUTHER**

Retraité Bureau Veritas – Division Marine – Paris (France)

**SOMMAIRE**

La publication de l'ouvrage grand public *Anatomie curieuse des vagues scélérates* de Michel Olagnon et de l'artiste Janette Kerr offre l'occasion de faire une synthèse des connaissances sur le sujet, et notamment de mieux faire connaître certains aspects de ces vagues monstrueuses souvent passés sous silence dans les publications scientifiques. L'auteur du texte et son relecteur reviennent ici sur certains types de vagues extrêmes pour sensibiliser aux risques côtiers qui correspondent à la grande majorité des accidents. Ils présentent les deux théories explicatives concurrentes, hasard et instabilité modulationnelle, dont aucune ne peut être écartée à partir des éléments dont on dispose à ce jour. Ils tentent enfin de corriger certains mythes et clichés largement répandus suite à un traitement médiatique pas toujours rigoureux.

**SUMMARY**

The publication of a book for the layman, *Anatomie curieuse des vagues scélérates*, by Michel Olagnon and artist Janette Kerr, offers an opportunity to synthesise knowledge on the topic of rogue waves, and to make known more widely some features of those freak waves that are often kept hidden in scientific papers. The writer of the text and his reviewer discuss here some ill-known kinds of extreme waves in order to increase awareness to coastal risks that correspond to a large majority of wave accidents and fatalities. They present the two competing theories to explain the phenomenon, randomness and modulational instability, none of which could be invalidated from the available results and data as of now. They eventually try to debunk some myths and clichés widely spread out by lack of scientific diligence in the media.

**1. INTRODUCTION**

La question de l'occurrence de vagues extraordinaires au regard des conditions de mer prévalant à un moment donné a longtemps tracassé les marins, qui ont pu avoir un certain sentiment d'abandon face à des terriens et politiciens incrédules et à des ingénieurs et scientifiques impuissants faute de données suffisantes. Heureusement pour eux toutefois, les dernières décennies de la fin du XX<sup>e</sup> siècle

ont vu apparaître d'une part des exigences accrues de fiabilité avec le développement de l'exploitation des hydrocarbures en mer et de normes rigoureuses pour en fixer les conditions, et d'autre part des progrès considérables réalisés dans la mesure en mer, joints à une forte motivation des opérateurs pétroliers et des autorités de sécurité publique pour en collecter. Une décennie de travaux

scientifiques, jalonnée d'échanges lors de séminaires tels les « Rogue Waves » organisés à Brest par l'un des auteurs, a alors suffi à aboutir à des résultats somme toute rassurants pour la communauté des ingénieurs et des certificateurs, conclusions dont la plupart ont été évoquées à l'ATMA en 2011 [1].

Toutefois, les navigateurs qui sont concernés au premier chef ne peuvent tirer que peu d'avantages de savoir que les théories souvent complexes utilisées dans la conception et le dimensionnement de leurs navires et plates-formes sont valides. Il leur importe beaucoup plus de déterminer où et quand ils risquent de rencontrer la vague centennale, voire millénaire ou dix-millénaire, ou au minimum de comprendre les difficultés qu'il y a à les prévoir. L'ouvrage *Anatomie curieuse des vagues scélérate* [2] vise à présenter une synthèse des connaissances sur les vagues extrêmes en termes abordables par un non-spécialiste et sous une forme rendue accessible par des illustrations, des anecdotes et des analogies. Nous en reprenons ici les aspects principaux, notamment la description de certains types de vagues extrêmes, les deux théories, hasard et instabilité modulationnelle qui restent en lice pour les expliquer, et l'opposition parfois flagrante entre la science et les clichés véhiculés sur internet, ainsi que quelques préjugés populaires concernant la réalité des risques.

## 1. LES DIFFÉRENTS TYPES DE VAGUES EXTRÊMES

Dès la définition d'une vague scélérate, le débat s'instaure entre les tenants d'une référence à un seuil, souvent fixé à deux fois la hauteur significative, et ceux d'une approche plus souple et moins rigoureuse basée sur une sévérité simplement inattendue, signe d'une divergence par rapport à une extrapolation raisonnable des conditions de mer. La perception du grand public des deux fois la hauteur significative comme une limite quasi-infranchissable, lorsque cette valeur est utilisée comme seuil, alors que de telles vagues surviennent au moins quotidiennement selon la théorie linéaire est une incitation à renoncer à cette définition pour maintenir la conscience du danger. Nous préférons par conséquent une définition en accord avec la

philosophie de Haver [3], distinguer deux populations statistiques distinctes, mais plus souple encore : une vague est scélérate si elle est d'une sévérité inattendue, même pour un expert, au regard des autres vagues de l'état de mer qui prévaut à cet instant. Avec cette définition, on note qu'on élimine nombre de vagues extrêmes qui seraient retenues avec la définition par franchissement de seuil, mais que subsistent aussi des vagues aux causes connues, parfaitement expliquées *a posteriori*, et néanmoins imprévisibles : raz de marée, seiches de certains types, vagues de sillage, etc.

### 1.1. Les raz de marée et mascarets

L'ouvrage ne s'attarde pas sur les raz de marée, dont les effets au large sont habituellement négligeables et qui ne se font sentir qu'à l'arrivée sur les côtes. Bien qu'en toute rigueur ces élévations du niveau marin correspondent bien à la définition donnée plus haut, elles sont connues et étudiées en tant que telles depuis longtemps. Les populations côtières peuvent en être alertées lorsque les séismes sont mesurés et qu'un système de diffusion de l'information existe. Il en va de même pour les mascarets, encore plus prévisibles puisqu'ils sont régis par la marée astronomique et le débit des fleuves.



Figure 1 La baie de Lituya après l'événement de 1958

Une forme particulière de raz de marée s'apparente toutefois plus à une vague scélérate que les autres : les seiches et vagues mises en oscillation par un éboulement aérien ou sous-marin. On rappelle ainsi l'événement du *Tauredunum* dans le lac Léman, estimé à 13 m à Lausanne et 8 à Genève,

l'effondrement du chantier de l'aéroport de Nice du 16 octobre 1979 qui a créé des vagues d'une amplitude de 7 mètres et un raz de marée de 2 à 3 mètres, et le mégatsunami du « Port-des-Français » de Lapérouse, la baie de Lituya en Alaska, en juillet 1958, où des sapins furent arrachés jusqu'à 524 m d'altitude et des pêcheurs de saumon emportés avec leurs embarcations par une vague monstrueuse par-dessus la langue de terre qui ferme la baie.

### 1.2. Les seiches, lames de tempête et « météo-tsunamis »

Connues et redoutées en certains lieux comme les grands lacs américains où elles peuvent atteindre 3 m à Chicago, ou dans la baie de Nagasaki où l'*abiki* peut frôler les 5 m, les seiches peuvent être initiées par des phénomènes météorologiques, en particulier une sorte de bourrelet d'eau qu'un grain pousse devant lui et qui se réfléchit sur les rives. Des baies beaucoup plus ouvertes qu'on ne l'imagine peuvent y être sensibles, et la mise en résonance du bassin comme la réflexion sur les rives peuvent rendre invisibles à la victime le phénomène générateur, disparu depuis longtemps ou à l'autre extrémité de la baie. En faible profondeur l'onde peut s'amplifier et se cambrer, et présenter un danger pour la navigation en sus de celui de submersion littorale.

### 1.3. La ligne de sonde des cent brasses et les lames de fond

Parmi les conceptions populaires de vagues exceptionnelles, on trouve les vagues rencontrées autour de l'isobathe 160 à 180 m (la ligne de sonde des cent brasses), et les lames de fond qui viennent happer les promeneurs en bord de plage ou sur des rochers avancés. On peut imaginer que les deux relèvent du même principe scientifique : l'effet du fond qui affecte avant les autres les vagues les plus longues, donc déjà les plus grandes. En se cambrant sous l'effet de la remontée des fonds, de longues vagues relativement inoffensives deviennent beaucoup plus dangereuses, leur taille et la raideur de leur front augmentent, et ainsi leur différence avec celles qui ne sont pas autant affectées. Le même phénomène peut également se produire dans certaines configurations de passes et de

bancs de sable, où une vague de temps à autre se trouve cambrée par le banc sans pour autant y déferler et atteint ensuite la passe sans s'apaiser. Ce fut manifestement la cause de l'accident de l'*Enez Sun III* desservant l'île de Sein le 19 mai 2007, ce sont également de telles vagues cambrées par le banc du Toulinguet qui peuvent rendre dangereuse la passe Nord d'entrée au bassin d'Arcachon.

On parle là de très longues houles, 400 m dans le cas de l'*Enez Sun III* [5], qui même de forte amplitude sont quasi-invisibles au large à moins d'un éclairage très rasant et se propagent avec une grande célérité. Leur déformation soudaine lors de la remontée du fond dans les derniers hectomètres avant d'atteindre la côte explique aussi les lames de fond, qui semblent surgir des profondeurs pour happer les personnes aventurées sur des rochers qu'elles n'imaginent pas exposés. A ce propos, un aspect souvent ignoré des vagues scélérates est la bien plus grande proportion des accidents en eaux peu profondes qu'au large, cf. Figure 2 reprise de [6].

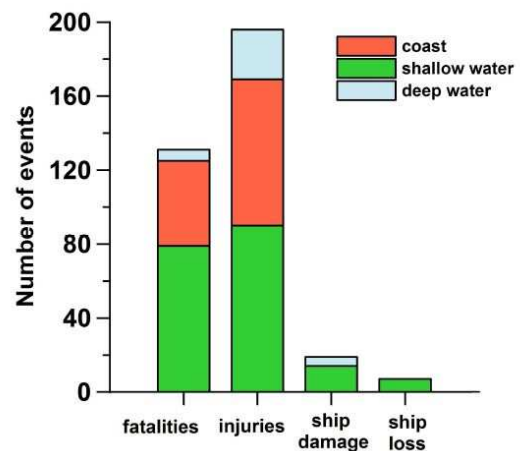


Figure 2 - Occurrences d'accidents de 2006 à 2010 - Nikolkina & Didenkulova - Licence CC 3.0 attribution

### 1.4. Les rouleaux du Cap et autres effets de houle contre courant

Une question fréquemment posée est celle de régions du globe qui seraient particulièrement sujettes aux occurrences de vagues scélérates. Nous hésitons toujours à y répondre franchement, de peur que la réponse ne soit interprétée comme assurant la sécurité dans les autres zones que celles citées. On ne peut toutefois ignorer les régions identifiées par P. Kjeldsen [7] dans les eaux norvégiennes,

dont le signalement a sans nul doute évité que ne se poursuive l'hécatombe de bateaux de pêche des années 70, et le fameux courant des Aiguilles et ses naufrages à répétition jusqu'à la prise en compte des recommandations du professeur Mallory [8]. La situation classique dans ce dernier cas est celle où une dépression invisible au delà de l'horizon envoie une forte houle à la rencontre du courant dont les irrégularités la focalisent, faisant apparaître des vagues pyramidales si caractéristiques qu'elles ont été baptisées « Cape rollers », rouleaux du Cap. Des conditions semblables peuvent être réunies avec d'autres courants, comme le Gulf Stream ou le Kuroshio, et d'autant plus dangereuses que ceux-là, notamment le Kuroshio, ont des trajectoires plus fluctuantes que le courant des Aiguilles.

### 1.5. Les vagues scélératees au large

Bien que moins fréquente, la vague scélératee au large n'en existe pas moins (figure 3). L'exemple des *Trois Glorieuses* rencontrées en 1963 par la *Jeanne d'Arc* de l'époque pendant son tour du monde, trois vagues successives la faisant rouler de 35°, permet de constater que dès cette époque, la plupart des caractéristiques qu'on a retrouvées ultérieurement avaient été identifiées : emprise restreinte en temps et en espace, verticalité remarquable, direction s'écartant d'une vingtaine de degrés du train de vagues principal, grande vitesse de propagation et front très court. Une combinaison des vagues générées avant et après le passage du front froid de la perturbation avait même été avancée comme explication, et l'on retrouve en effet des situations météorologiques complexes dans de nombreuses occurrences ultérieures.



Figure 3 - Vague exceptionnelle au large vue d'une passerelle de navire

### 1.6. Le changement d'état de mer

L'examen des conditions de certaines occurrences a permis d'identifier un type de vague scélératee qui n'en est en réalité pas vraiment une, mais la première vague d'un champ secondaire, parfois pire que le champ principal, dans lequel un navire se précipite en voulant éviter la tempête. De tels champs d'étendue restreinte et difficiles à prévoir par les services météorologiques se rencontrent le plus souvent en cas de dépressions complexes, dont la trajectoire revient sur elle-même ou qui sont issues de la fusion de deux tempêtes distinctes.

## 2. LES DEUX PRINCIPALES THÉORIES EN PRÉSENCE

Quand on revient aux actes du colloque *Rogue Waves 2000* [9], on mesure les progrès effectués les années suivantes dans la clarification des mécanismes pouvant donner lieu à des vagues extrêmes. Il n'en demeure pas moins aujourd'hui deux théories en compétition, dont ni l'une ni l'autre ne peut être écartée, et qui ont pris le pas sur les autres explications possibles. Revenant à la discrimination proposée par Haver [3], d'une part il semble que la prise en compte des non-linéarités classiques jointe au simple hasard des superpositions de trains de vagues suffise à obtenir les fréquences d'extrêmes mesurées jusqu'aux niveaux de rareté considérés pour la fiabilité des ouvrages en mer, d'autre part la création de monstres exogènes relevant de l'équation de Schrödinger non-linéaire a été validée en bassin et dans les fibres optiques, si bien qu'on n'a aucune raison de penser qu'elle ne pourrait pas survenir naturellement.

### 2.1. La superposition aléatoire

Selon le modèle d'Airy, les vagues sont constituées de la superposition d'une infinité de composantes élémentaires de phases aléatoires. Pour ses calculs, l'ingénieur ajoute à ce modèle les interactions non-linéaires entre composantes, et se simplifie habituellement la vie en se limitant au second-ordre, les corrections aux ordres plus élevés étant généralement faibles. Les corrections du second ordre elles-mêmes sont beaucoup plus sensibles sur l'élévation des crêtes par rapport au niveau moyen et sur la cinématique que sur

les hauteurs crête-creux où elles se compensent en grande partie entre la crête et le creux. Pour des raisons analogues, la mesure par bouée masque en partie la présence de non-linéarités, ainsi que toute observation depuis un navire ou support flottant.

Prevosto et Bouffandeau [10] ont montré que pour les extrêmes les plus rares, le calcul non-linéaire complet donnait des occurrences jusqu'à 300 fois plus probables qu'avec la théorie linéaire. Ces aspects sont respectés dans les modèles de Prevosto ou de Forristall [11], utilisés en ingénierie et nullement remis en cause [12]. Toutefois, ils adressent la question de la prédiction, donner la valeur maximale à prendre en compte pour une durée d'exposition déterminée de plusieurs années, alors que le navigateur se préoccupe essentiellement de prévision, estimer le risque dans les minutes à venir. Dans ce dernier cas, du fait de la mauvaise perception des non-linéarités et de leurs effets amplificateurs, et des biais psychologiques dans l'estimation de l'aléa, les navigateurs ont tendance à s'attendre à une valeur « plafond » définie en fonction de ses voisines pour la vague maximale, à une sorte de régularité voire de périodicité dans les occurrences de telles vagues, et à une réduction de la dynamique des grandes valeurs quand l'état de mer devient plus sévère alors qu'au contraire celle-ci croît du fait des non-linéarités. Il n'est donc pas étonnant qu'ils se laissent surprendre, et qu'ils acceptent d'attribuer au hasard la seule responsabilité de ces occurrences. De plus, pour des raisons mal expliquées mais qui pourraient être en lien avec la manière dont crêtes et creux s'apparient, les vagues extrêmes des tempêtes les plus fréquentes sont inférieures aux prédictions qu'en fait la théorie. En revanche, les plus rares rejoignent bien la théorie, tandis que le navigateur a pu être conduit par ses observations à les imaginer dans la continuité des tempêtes communes et à les sous-estimer.

Le résultat scientifique est par conséquent particulièrement frustrant pour le navigateur, et renforce les tenants d'études visant à reconstruire des vagues scélérates dans l'espoir d'identifier dans certains états de mer les conditions de cette reconstruction et d'en alerter les marins, à l'instar des travaux de Mallory sur les rouleaux du Cap.

## 2.2. L'instabilité modulationnelle

Gouvernée en eaux profondes par l'équation de Schrödinger non-linéaire, l'instabilité de Benjamin-Feir est devenue en quelques années la théorie privilégiée pour construire par le calcul des vagues scélérates, et les différentes formes en ont été regroupées sous le nom d'instabilité modulationnelle. Il s'agit plutôt d'une respiration que d'un véritable phénomène d'instabilité : l'énergie se déplaçant à la vitesse de groupe, elle demeure constante dans un groupe donné, mais celui-ci « respire », contenant à certain moments jusqu'à une douzaine de vagues et pouvant concentrer pendant quelques périodes toute cette énergie en une ou deux vagues seulement, qui semblent alors avoir « volé » l'énergie de leurs voisines. L'équation, qui est un postulat en elle-même et ne se déduit pas d'une autre théorie physique, régit l'évolution de l'enveloppe complexe de l'onde. Dans l'ouvrage, cette théorie est décrite grâce à l'illustration de la digestion du boa ayant avalé un éléphant tirée du *Petit Prince* de Saint-Exupéry (Figure 4).

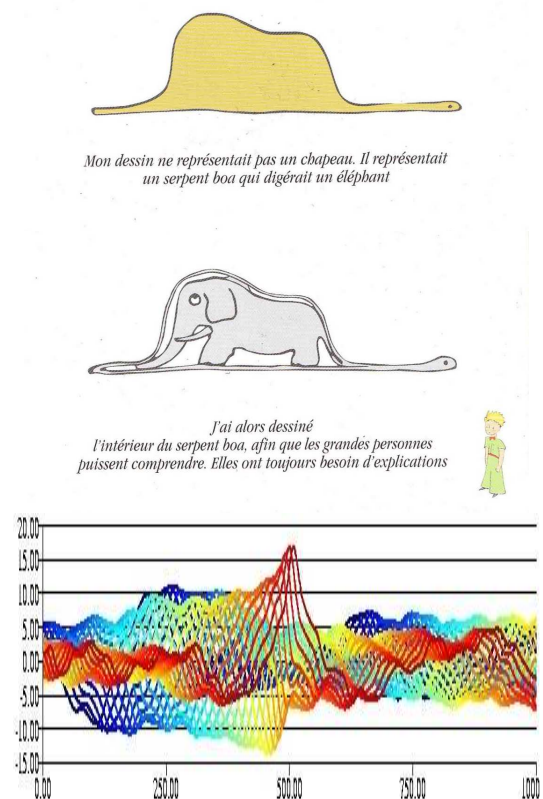


Figure 4 - Illustration de l'équation de Schrödinger par le boa ayant avalé un éléphant et les profils successifs recalculés pour la vague de Draupner.

L'instabilité modulationnelle a été vérifiée en canal à houle [13], puis de manière encore plus probante par la production d'une solution explicite connue, le soliton de Peregrine [14], vague observée au réel comme le montre la figure 5, puis dans les fibres optiques (Figure 6.) [15], et ensuite en canal à houle [16] sur la base des conditions initiales définies pour les fibres optiques.



Figure 5 – Vague pyramidale croisement de deux solitons observée sur une plage

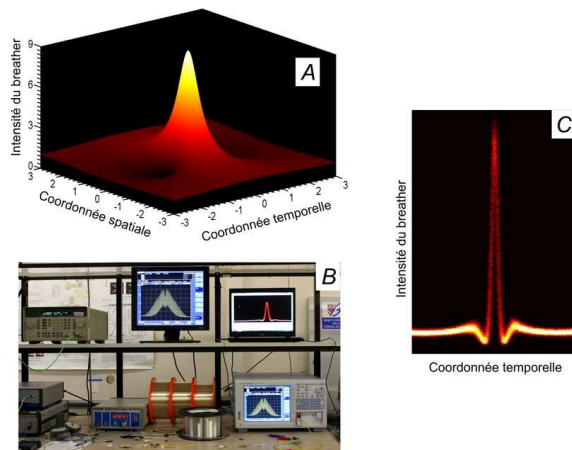


Figure 6 - Soliton de Peregrine obtenu au Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne A : théorie ; B : montage expérimental ; C : observé

Les promesses de cette théorie ont représenté une forte incitation à rechercher une responsabilité de l'instabilité de Benjamin-Feir dans les observations de vagues scélérates *in-situ*. Cependant, ainsi que nous l'avions rapporté dès 2004 [17], l'indicateur d'instabilité de Benjamin-Feir qu'on peut calculer sur des mesures en mer montre une grande volatilité, qui laisse penser que les conditions d'apparition d'une vague scélérate de ce type ne se mettent en place que de manière très fugace, sans qu'on puisse déterminer si la vague va ensuite se produire.

D'autre part, si une corrélation, assez faible toutefois, apparaît bien entre l'indicateur d'instabilité de Benjamin-Feir et l'amplitude des vagues les plus extrêmes, cette corrélation disparaît lorsqu'on retire de la série la vague maximale : l'indicateur n'est pas un prédicteur, mais un détecteur [18]. On notera toutefois que de récents travaux concluent eux à la possibilité théorique de prédire les occurrences de vagues scélérates, mais à des échelles de temps si limitées qu'on peut difficilement envisager des applications pratiques [19].

### 3. DES CLICHÉS À LA RÉALITÉ SCIENTIFIQUE

Le caractère approximatif, voire erroné, des informations disponibles sur internet relativement aux vagues scélérates a été une des motivations principales de l'écriture d'un ouvrage qui rétablisse leur conformité avec ce que l'auteur a vécu dans une carrière d'immersion, si l'on peut dire, dans les recherches sur le sujet.

#### 3.1. Des constatations historiques indubitables

Un des mythes les plus répandus à propos des vagues scélérates est que les scientifiques se seraient longtemps associés aux terriens pour refuser de croire aux vagues monstrueuses rapportées par les marins, et que seule la mesure indubitable de la vague de Draupner le 1/1/1995 aurait enfin permis de les convaincre de la réalité du phénomène et d'accepter de s'y intéresser. C'est là une affirmation particulièrement injuste envers tous ceux qui depuis que les mesures sont devenues possibles, c'est-à-dire vers les années 1950, se sont évertués à déterminer quelles vagues les plus sévères navires et plates-formes étaient susceptibles de rencontrer. Dès 1964, Laurence Draper avait publié sur le sujet [20]. Dans les années 70 de nombreux accidents ont été relevés dans les rouleaux du Cap dont il a déjà été question précédemment et analysés conduisant à les attribuer à des vagues exceptionnelles (figure 7).



Figure 7 – Navire Bencruachan plié par une vague scélérate près du Cap (1973)

Sur 26 naufrages de chalutiers norvégiens de la période 1970-1979, seuls 13 ont laissé des survivants, et pour chacun de ces 13 chalutiers le naufrage a été attribué à une vague scélérate [21]. L'enquête sur la perte de la plate-forme *Ocean Ranger* le 14 février 1982, dont aucune des 84 personnes à bord ne survécut, attribua l'accident à l'invasion de la salle de contrôle des ballasts par une vague scélérate [22]. En revanche, de grands océanographes comme Willard J. Pierson Jr. se refusaient effectivement à admettre qu'elles puissent être dues à autre chose qu'au hasard et à la théorie classique non-linéaire. Laurence Draper lui-même estimait que la vague de Draupner avait été amplifiée par la présence de la plate-forme [comm. pers.], et attribuait aux non-linéarités la sévérité de la vague qui endommagea l'*Ocean Ranger* [22].

En ce qui concerne les témoignages de marins, nous en citons où la vague scélérate n'est qu'un élément secondaire à l'histoire principale, et reste donc de ce fait peu sujette à exagération. C'est le cas de la vague qui coula la *Mignonette*, où la question du jugement des survivants qui avaient sacrifié le mousse Richard Parker pour le manger reste un cas d'étude dans les écoles de juristes, ou du *Flying Enterprise* dont l'épopée du commandant refusant pendant 15 jours d'abandonner le navire et sa cargaison stratégique après avoir été désemparé par deux vagues scélérates à 48 heures d'intervalle défraya la chronique de l'époque.

### 3.2. Une évaluation du risque souvent erronée

Un grand nombre d'incompréhensions relatives aux vagues scélérates provient de la

difficulté pour le commun des mortels à appréhender les notions de risque et de probabilité, en particulier quand il s'agit d'extrapoler des observations ou des mesures, souvent assez peu dignes de confiance, à des niveaux de rareté supérieurs et d'en déduire des critères de choix et de décision. A l'instar de Nassim Nicholas Taleb dans son ouvrage *Le cygne noir* [23], qui traite de l'ensemble des phénomènes rares, imprévus et incertains, mais reste curieusement muet sur les vagues scélérates, nous nous sommes efforcés de ne pas nous limiter à l'exposé scientifique du risque et d'aborder également les biais humains dans l'interprétation des informations sur les événements rares et sur la perception des implications de ces informations. Le point le plus remarquable est sans doute le sentiment que si la valeur la plus probable de la vague maximale sur 20 minutes est de l'ordre de 1.6 fois la hauteur significative, alors il deviendrait totalement exceptionnel de rencontrer une vague de 2 fois la hauteur significative, et que cette dernière serait donc extraordinaire, alors que la chose se produit en un lieu quelconque en moyenne plus d'une fois par jour.

### 3.3. Régions de survenance ou régions épargnées

La question revient souvent de savoir si certaines régions du globe sont plus propices à l'apparition de vagues scélérates. Nous avons évoqué les rouleaux du Cap, vagues contre courant, ou la ligne de sonde des cent brasses, influence du fond sur les plus grandes vagues et seulement celles-ci. Il est cependant difficile de ne pas voir dans cette question l'espoir implicite de l'existence de régions épargnées. Sur ce point, la comparaison entre les positions d'accidents et la densité du trafic maritime montre que les zones où aucune vague scélérate n'a été rapportée sont essentiellement celles où il n'y a pas de navires pour les observer [24]. L'importante corrélation de la cambrure avec les accidents inciterait également à ne pas associer la sécurité aux seules hauteurs significatives comme c'est le cas actuellement, car elles sont corrélées avec des cambrures en moyenne plus fortes.

### 3.4. Mesures par satellite

Nous signalerons enfin que les espoirs mis dans la détection des vagues scélérates par mesure satellitaire ne se sont pas concrétisés, principalement en raison des fortes incertitudes liées aux capteurs embarqués.

## 4. CONCLUSION

Les travaux de ces deux dernières décennies ont permis de clarifier l'état des connaissances concernant les vagues scélérates, et en particulier de rassurer les ingénieurs qui savent aujourd'hui que les objectifs de fiabilité qui leur sont assignés ne sont pas remis en cause par l'apparition de vagues phénomènes appartenant à une population statistique différente. Au stade actuel, on peut envisager de poursuivre la recherche, soit en augmentant de plusieurs ordres de grandeur les volumes de données mesurées, soit en approfondissant les mécanismes susceptibles de se déclencher un peu plus rarement que pour les niveaux de fiabilité exigés à l'heure actuelle, soit les deux.

Nous avons choisi une autre voie qui nous a paru plus urgente : faire comprendre au plus grand nombre, parmi lesquels de nombreux navigateurs professionnels ou amateurs, les vagues scélérates et leurs ressorts, afin qu'ils n'en négligent pas les risques mais qu'ils ne les surestiment pas non plus. Plutôt qu'une vulgarisation délivrée *ex cathedra*, nous avons cherché à piquer leur curiosité, à les faire sourire pour mieux aborder des sujets difficiles, à leur parler de la mer, des légendes et des faits historiques, à les attirer par des toiles et dessins originaux. Nous nous sommes efforcés de ne pas sacrifier la rigueur scientifique à la passion artistique de Janette Kerr, ni dans le traitement des mathématiques et de la physique sans recours à la moindre équation

Nous ne savons pas si cela leur sera aussi utile que nous le souhaiterions, mais nous étions et sommes toujours convaincus que c'était la meilleure chose qu'ingénieurs et artiste, nous pouvions faire aujourd'hui à leur intention.

## 5. REFERENCES

[1] M. Olagnon – Vagues scélérates : quelles préoccupations pour l'ingénieur ? – ATMA – juin 2011.

- [2] M. Olagnon, J. Kerr – Anatomie curieuse des vagues scélérates – Editions Quae ([www.quae.com](http://www.quae.com)) - 176 pp., janvier 2015
- [3] S. Haver – Freak waves: a suggested definition and possible consequences for marine structures – Rogue Waves 2004 – Brest – Octobre 2004
- [4] K. Kremer, G. Simpson, S. Girardclos – Giant Lake Geneva Tsunami in AD 563 – Nature Geoscience **5** – 756-757 (2012)
- [5] BEAmer – Rapport d'enquête technique Enez Sun III – Paris (2007)
- [6] I. Nikolkina, I. Didenkulova – Rogue waves in 2006-2010 – Nat. Hazards Earth Syst. Sci **11** – 2913-2924 (2011)
- [7] S.P. Kjeldsen – Dangerous wave groups – Norwegian Maritime Research **12:2** – 4-16 (1984)
- [8] J.K. Mallory – Abnormal Waves off the South African Coast: A Danger to Shipping – The Naval Architect (1974)
- [9] M. Olagnon, G. Athanassoulis eds. – Rogue Waves 2000 – Brest – Novembre 2000, ISBN 2-84433-063-0
- [10] M. Prevosto, B. Bouffandeau – Probability of occurrence of a "giant" wave crest – OMAE2002-28446 – Oslo – Juin 2002
- [11] M. Prevosto, G.Z. Forristall – Statistics of wave crests from models vs. measurements – OMAE2002-28443 – Oslo – Juin 2002.
- [12] M. Christou, K. Ewans – Examining a comprehensive dataset containing thousands of freak waves events – OMAE2011-50169 – Rotterdam – Juin 2011.
- [13] M. Onorato, AR Osborne, M. Serio, L. Cavaleri, C. Brandini, C.T. Stansberg – Extreme waves, modulational instability and second order theory: wave flume experiments on irregular waves – European J. of Mechanics-B/Fluids **25:5** – 586-601 (2006)
- [14] D.H. Peregrine – Water waves, nonlinear Schrödinger equations and their solutions – J. Austral. Math. Soc.-B **25** – 16-43 (1983)



- [15] K. Hammani, B. Kibler, C. Finot, A. Picozzi, G. Millot, J.M. Dudley – Les Solitons optiques: un modèle pour les vagues scélérates océaniques ? – ATMA – juin 2011.
- [16] A. Chabchoub, N.P. Hoffmann, N. Akhmediev – Rogue wave observation in a water wave tank – Phys. Rev. Lett. **106:20** (2011).
- [17] M. Olagnon, A.K. Magnusson – Confrontation d’hypothèses sur les vagues exceptionnelles avec des statistiques en mer du Nord – ATMA – 2004
- [18] M. Olagnon, M. Prevosto – Are rogue waves beyond conventional predictions ? – ‘Aha Huliko’a Hawaiian Winter Workshop – Honolulu – Janvier 2005
- [19] S. Birkholz, C. Brée, A. Demircan, G. Steinmeyer – On the predictability of rogue events – soumis à Phys. Rev. Lett. – arXiv :1503.00706 (2015)
- [20] L. Draper – « Freak » Ocean Waves – Oceanus X :4. – Juillet 1964
- [21] S.P. Kjeldsen – Determination of severe wave conditions in a 3-d irregular seaway 8<sup>th</sup> congress of the Pan-American Institute of Naval Engineering – Washington, septembre 1983
- [22] Commission Royale sur le Désastre Marin de l’*Ocean Ranger* – La perte de l’installation de forage semi-submersible *Ocean Ranger* et de son équipage – St. John’s, Terre-Neuve, août 1984
- [23] N.N. Taleb – Le Cygne noir, la puissance de l’imprévisible – Les Belles Lettres, septembre 2008
- [24] J. Monbaliu, A. Toffoli – Regional distribution of extreme waves – Maxwave final meeting – Genève, octobre 2003