Thématique : Stabilisation de plateformes navales par l’IA

STABIA

Sponsor : DGA Techniques Navales

** **

Ce document ne doit pas excéder 10 pages

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

cONTACT POUR LE CHALLENGE :

|  |  |
| --- | --- |
| **Sylvain-Pierre GALLIANO** |  |
| **Fonction : Responsable du développement de l'intelligence artificielle dans les systèmes navals** |  |
| **Numéro de téléphone : 04 22 43 38 47** |  |

RESUME DU CHALLENGE (5 lignes maximum)

Ce challenge se propose d’utiliser les opportunités offertes par les techniques d’intelligence artificielle (apprentissage par renforcement, recherche opérationnelle…) et les données associées disponibles, pour concevoir un algorithme de prédiction de l’état de mer (hauteur de vague) à partir des données de contraintes sur la structure d’un type de navires de la Marine nationale. La brique issue de ce challenge constituera la première étape d’un système plus complexe visant à permettre d’optimiser les lois de commandes d’un stabilisateur en fonction de l’état de la mer en anticipant ses effets.

**Sommaire**

[1. Contexte et objectifs du challenge 3](#_Toc81833895)

[1.1. Objectifs du challenge 3](#_Toc81833896)

[1.2. Contexte et enjeux du challenge 3](#_Toc81833897)

[1.3. L’état de mer 3](#_Toc81833898)

[1.4. État de l’art et limites actuelles 5](#_Toc81833899)

[1.5. Verrous à lever 6](#_Toc81833900)

[2. Resultats attendus 6](#_Toc81833901)

[3. JEUX DE DONNees à disposition et equipe mobilisée par le sponsor 6](#_Toc81833902)

[3.1. Données de jauges de déformations (ou contraintes) 6](#_Toc81833903)

[3.2. Données d’attitude 7](#_Toc81833904)

[3.3. Données d’état de mer (vérité terrain) 7](#_Toc81833905)

[3.4. Volume de données 7](#_Toc81833906)

[4. Compétences et engagements du sponsor 7](#_Toc81833907)

[4.1. Présentation du sponsor et expérience sur la thématique 7](#_Toc81833908)

[4.2. Niveau d’engagement du sponsor 8](#_Toc81833909)

[4.3. Equipe mobilisée 8](#_Toc81833910)

[4.4. Prise en compte du cadre réglementaire 8](#_Toc81833911)

[5. DEROULEMENT DU CHALLENGE 8](#_Toc81833912)

[6. EXIGENCE ET CRITERES DE SELECTION\* 9](#_Toc81833913)

[7. restitution du challenge 9](#_Toc81833914)

[8. perspectives et retombées possibles du challenge pour le lauréat 10](#_Toc81833915)

# Contexte et objectifs du challenge

## Objectifs du challenge

La gestion de la stabilisation des navires en fonction de l’état de mer est un enjeu majeur du monde maritime. Certains navires sont particulièrement sensibles au roulis, générant de fortes contraintes sur leur structure ou encore l’impossibilité de réaliser certaines missions en toute sécurité.

L’utilisation de techniques d’intelligence artificielle pourrait permettre in fine :

* d’améliorer les performances d’attitude des navires, c’est-à-dire de stabilisation (réduire le roulis) et de tranquillisation (permettre l’appontage des hélicoptères et drones) à contraintes constantes sur la structure ;
* de diminuer les contraintes sur les actionneurs (barre, ailerons, safran…) et, par conséquent, sur la structure, à performances de stabilisation et de tranquillisation équivalente.

Doter les navires d’un système de stabilisation performant et innovant représenterait un gain non négligeable face à un trafic maritime de plus en plus dense, en permettant d’assurer des missions dans des conditions de mer difficiles. Par exemple, dans le contexte de navires de migrants en détresse qui sont de plus en plus fréquents, le système permettrait d’accroître l’efficacité de missions de « *Search And Rescue* ».

D’un point de vue environnemental, la stabilisation d’un navire joue également un rôle majeur, puisque cela permet de réduire la consommation énergétique du navire mais également d’assurer le transport de marchandises en toute sécurité, et donc de limiter les dégâts écologiques maritimes. Enfin, cela permet également de limiter la contrainte sur la structure des navires, de prolonger la durée de vie des équipements et d’optimiser la politique de maintenance embarquée.

Pour atteindre cet objectif très ambitieux, il est nécessaire de procéder par étape. C’est pourquoi ce challenge se focalisera sur la conception d’une brique logicielle dont le but est d’anticiper l’état de la mer à partir des données perçues par des jauges de déformation positionnées sur les structures de la coque des navires, avec quelques secondes de préavis, voire plus si cela est possible (une à plusieurs minutes).

## Contexte et enjeux du challenge

## L’état de mer[[1]](#footnote-1)

* Définition

Les mouvements de la surface de la mer sur une aire et à un moment donné sont généralement complexes, car ils combinent :

* les ondulations de la mer du vent, suscitées sur place par l'action progressive du vent local d’une part, et
* les vagues apportées suivant une direction (ou parfois plusieurs) par la propagation d'une ou plusieurs composantes de la houle, générées antérieurement dans des régions éloignées de l'aire observée, d’autre part.

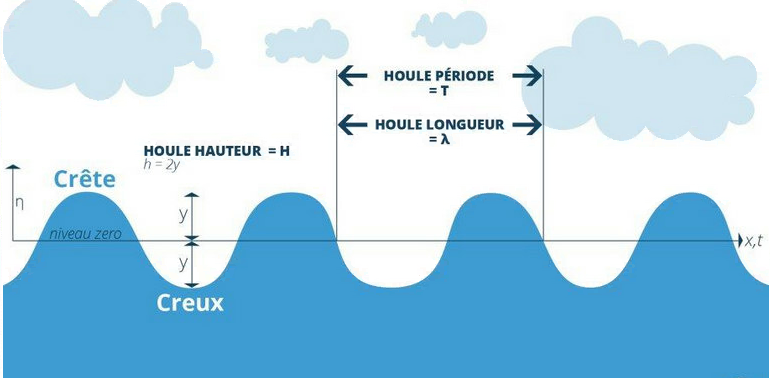
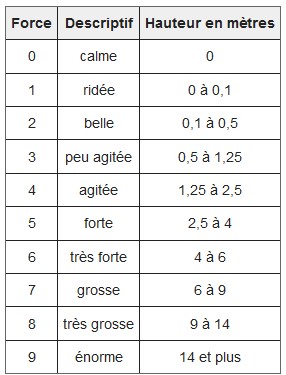


Figure 1 : Exemple et caractéristiques de la houle

La mer totale, qui résulte sur cette aire et à ce moment de la combinaison de la houle et de la mer du vent, doit ainsi être décrite par des caractéristiques numériques, notamment la hauteur des vagues, et par des précisions sur son comportement physique : par exemple, deux houles qui se croisent tendent à donner à la surface de la mer un aspect "gaufré", révélateur d'un risque d'instabilité pour la navigation.

L'état de la mer sur une aire et à un moment donnés est alors l'ensemble des informations quantitatives et qualitatives décrivant, sur cette aire et à ce moment, le comportement de la mer totale.

L’échelle de Douglas suivante permet de quantifier l'état présent de la surface marine :



* Impact sur les navires

L’état de mer peut avoir un impact non négligeable si l’on se place sous l'angle de la sécurité des équipages et des passagers essentiellement, mais aussi pour la maintenance et la sauvegarde des navires, la protection du chargement, la programmation des campagnes en mer, l'économie du transport maritime, comme l’illustre les photos suivantes :



* Prévisions météorologiques

Étant donné l'impact de la nature des vagues sur les navires et leurs trajets, la connaissance de l'état de la mer sur d'amples étendues marines et sur des durées prolongées est, comme celle du vent, indispensable à la navigation et au routage des navires et constituent des opérations de grande importance en météorologie marine. Elles ne peuvent être accomplies qu'à partir du recueil continu de données d'observation, permettant d'estimer les direction, longueur d'onde et hauteur de la houle et de décrire l’état de la mer.

Les données relatives à la force du vent, à sa durée d'action et à la longueur du fetch permettent en outre de déterminer empiriquement l'évolution prévisible de l'état de la mer en matière de période, de longueur d'onde et de hauteur. Cependant, la prévision rigoureuse de l'état de la mer sur des espaces marins et des échéances plus importants requiert l'application de modèles numériques de prévision météorologique qui, pour l'essentiel, calculent les valeurs de cet état en se fondant sur les résultats de la prévision du vent en surface ; de tels modèles fournissent, en chaque point d'une grille recouvrant une région fixée de l'océan, les valeurs prévues de la hauteur significative des vagues et de leur direction en distinguant à cette fin trois types de prévision : celle de la mer du vent générée sur place (sa direction est celle du vent local), celle de la houle parvenue au point de grille considéré depuis une ou plusieurs autres aires génératrices (la composante unique ou principale de la houle est alors représentée elle aussi sur les cartes), enfin celle de la mer totale, qui intègre les effets des deux facteurs précédents.

## État de l’art et limites actuelles

Les systèmes de stabilisation actuels des navires reposent principalement sur :

* des systèmes passifs : ne nécessitant aucune source d’énergie externe ni système de contrôle (aileron de stabilisation fixe par exemple)
* des systèmes actifs : générant un moment opposé à la houle, comme par exemple des masses mobiles contrôlées, des ailerons de stabilisation actifs ou des gyroscopes actifs ([exemple](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjps4T825byAhWSzYUKHWwFBewQFnoECA8QAw&url=https%3A%2F%2Fhal.archives-ouvertes.fr%2Fhal-00369694%2Fdocument&usg=AOvVaw0xFZmDKw_7QspACZt-6pN_))

Exemples de systèmes actifs :

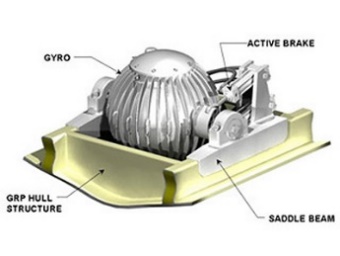
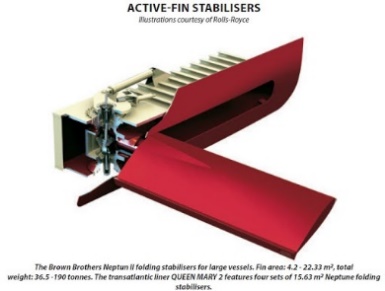


Figure 2 - sans et avec stabilisation activée

Ces systèmes, bien que pouvant offrir des performances intéressantes, ne sont pas capables de prévoir l’évolution de l’état de mer et donc de réagir par anticipation. Ils ne réagissent qu’aux effets ressentis à l’instant, avec une latence dû à l’actionnement mécanique.

Il apparaît donc opportun d’étudier la possibilité de prédire en temps réel l’état de mer afin d’anticiper ses effets avec suffisamment de préavis (quelques minutes).

Certains travaux ont déjà été menés pour essayer d’améliorer les prévisions de l’état de mer ou de la houle, parmi lesquels nous pouvons citer :

* 2009 : « Reconstruction et prévision déterministe de houle à partir de données mesurées », Blondel-Couprie, Elise
* 2016 : « Caractérisation statistique des conditions d’état de mer multimodales dans le golfe de gascogne pour le dimensionnement des structures en mer », Christophe Maisondieu ;
* 2018 : « Prédiction déterministe de houle en temps réel par mesure du profil de vitesses horizontales », Marion Huchet, Jean-Christophe Gilloteaux, Aurélien Babarit, Guillaume, Ducrozet, Yves Perignon, Pierre Ferrant

Mais aucun de ces travaux ne cherche à prédire l’état de mer à partir des effets de celui-ci sur le navire lui-même comme par exemple les contraintes sur sa structure ou ses attitudes, données qui peuvent être facilement accessibles.

Ce challenge vise donc à apporter un module de prédiction de l’état de mer à partir des mesures de déformation de la structure du navire causées par la mer et de ses attitudes, ce qui permettra in fine d’optimiser les lois de commandes des systèmes de stabilisation actifs.

Les possibilités ouvertes aujourd’hui par l’IA permettent d’envisager de lever le verrou décrit ci-après. Le sponsor propose de mettre à profit les jeux de données dont il dispose.

## Verrous à lever

Anticiper l’état de mer : Le but est ici de pouvoir optimiser la stabilisation du navire, tout en diminuant les contraintes sur la structure.

Comme nous l’avons vu, l’état de mer est une donnée complexe dépendant de beaucoup de facteurs (houle, mer du vent, type de fond…), qu’il est très difficile de modéliser mathématiquement. Les prévisions météorologiques ne sont que des estimations statistiques pouvant par nature s’avérer erronées et ne prenant pas en compte les données des navires subissant la mer.

Le verrou que se propose de lever de challenge est donc pouvoir prédire suffisamment à l’avance l’état de mer à partir des contraintes mesurées sur la structure du navire et des attitudes de celui-ci. Les données météorologiques correspondantes serviront de vérité terrain pour l’apprentissage. Ce lien entre état de mer et données disponibles est probablement multiphysique, complexe et coûteux à modéliser (comme les prévisions météo). Une approche par apprentissage automatique pourrait approximer ce lien à moindre coût.

Les principaux points durs sont les suivants :

* Il s’agit d’un problème de régression (éventuellement multivariée) qui est souvent plus complexe que de la classification ;
* Il faut s’assurer que les données observables informent bien sur l’état de mer (corrélation en état de mer et données disponibles);

# Resultats attendus

Le challenge devra proposer un algorithme de prédiction de l’état de mer) à partir des données d’entrées (contraintes, attitudes, météo) avec un niveau de performance de 90% de bonne prédiction (moyenne mobile de 10 échantillons précédents à définir).

La prédiction de l’état de mer consistera, à partir des mêmes données d’entrée, à prédire avec quelques secondes (idéalement 10 secondes) et une à plusieurs minutes, ces mêmes données de contraintes afin d’en déduire une prédiction de l’état de mer.

Le système sera testé à l’aide d’un ensemble de données de validation non utilisé lors de l’entraînement de l’algorithme développé. Le système ne sera pas testé en conditions opérationnelles mais uniquement en conditions de simulation ou à l’aide de données acquises opérationnellement.

# JEUX DE DONNees à disposition et equipe mobilisée par le sponsor

## Données de jauges de déformations (ou contraintes)

Les données proviennent de 3 jauges placées sur la structure du navire :

Chaque fichier issu du monitoring a une durée de 2 heures. Les données sont enregistrées à une fréquence de 20Hz, 24h/24 lorsque le bateau est à la mer (opération réalisée par le bord).

Ces fichiers contiennent les infos suivantes (format ascii) :

Figure 3- jauge de contrainte

|  |  |
| --- | --- |
| Version du logiciel : version 2015-08-26\_09-02  Nom du bateau : XXX  Date du premier échantillon : AAAA.MM.JJ HH.MM.SS  Timestamp premier échantillon : 3548312420.300000 --  Fréquence d'acquisition : 20 Hz  Nombre de voies : 6  CompensationS01: 6.710000 | CompensationS02: 4.910000  CompensationS03: 4.410000  M\_SO000001[µm/m] déformation capteur 1  M\_SO000002[µm/m] déformation capteur 2  M\_SO000003[µm/m] déformation capteur 3  M\_RTD\_SO000001[°C] temperature capteur 1  M\_RTD\_SO000002[°C] temperature capteur 2  M\_RTD\_SO000003[°C] temperature capteur 3 |

## Données d’attitude

En parallèle, les données des centrales d’attitude PHINS des navires sont enregistrées sur disque dur par l’équipage à une fréquence de 5 Hz.

Ces fichiers contiennent les infos suivantes (format ascii, liste non exhaustive) :

|  |  |
| --- | --- |
| **Attitudes** | |
| Date : JJ/MM/AAAA  HH:MM:SS.SSS  Heading (°)  Roll (°)  Pitch (°)  North speed (m/s) | East speed (m/s)  Vert. speed (m/s)  Speed norm (knots)  Heave (m)  Surge (m)  Sway (m)  Etc… |

## Données d’état de mer (vérité terrain)

Les informations concernant l’état de mer sont :

|  |
| --- |
| **État de mer** |
| Hs (m) (hauteur de vague)  Période (s)  Direction de houle (°) |

Ces données sont récupérées via les bases de données Previmer, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ou ECMWF (European Center for Medium-range Weather Forecasts).

Celles-ci serviront de vérité terrain pour la validation des prédictions des algorithmes et seront synchronisées temporellement et spatialement avec les données d’attitude et de contraintes.

## Volume de données

Plusieurs milliers d’heures sont disponibles sur 5 années d’enregistrement. Cela représente un peu plus de 600 Go de données pour un peu plus de 210000 fichiers.

# Compétences et engagements du sponsor

## Présentation du sponsor et expérience sur la thématique

DGA Techniques navales est aujourd’hui largement impliquée dans la feuille de route « Intelligence Artificielle » proposée par le Ministère des armées en 2018.

Son client principal, la Marine nationale, met actuellement en place le Centre de Service de la Donnée Marine ayant pour objectif de collecter des données opérationnelles à des fins d’exploitation par l’IA ou le Big Data, et amené une réflexion large ayant permis de recenser les cas d’usage potentiels de l’IA pour le domaine naval.

Pour la thématique envisagée, ils peuvent s’appuyer :

* sur le centre d’expertise IA de référence du ministère à DGA Maîtrise de l’information (Bruz – 35) mais également sur l’ensemble des ressources locales expertes en intelligence artificielle ;
* sur les experts métiers plateformes navales de DGA Techniques navales ;
* sur l’expertise du centre DGA Techniques hydrodynamiques (Val-de-Reuil – 27) ;
* sur les centres d’expertise de la Marine nationale, tels que le CEPN (Centre d’Expertise des Programmes Navals – Toulon - 83).

DGA TN et la Marine nationale collaborent de plus en plus avec des startups ou des PME, que ce soit dans le suivi des programmes en cours de réalisation que dans l’innovation de défense, en partenariat avec l’AID.

## Niveau d’engagement du sponsor

Les ressources humaines expertes de DGA Techniques navales, DGA Techniques hydrodynamiques et de la Marine nationale seront directement impliquées dans ce challenge qui représente un enjeu majeur pour le domaine naval militaire français, y compris en aval du projet.

Pour cela, elles accompagneront le lauréat tout au long du projet :

* en fournissant les données brutes et en assurant une aide pour la prise en main de celles-ci avec l’aide des experts métiers ;
* en participant à l’évaluation des algorithmes développés.

Le sponsor ne fournira pas de capacité de calcul.

## Equipe mobilisée

Pour ce challenge, 5 à 8 experts techniques des métiers « PlateFormes Navales » et « Data Sciences et Intelligence Artificielle » des entités étatiques suivantes seront impliqués autant que de besoin : DGA Techniques navales, DGA Techniques hydrodynamiques, DGA Maîtrise de l’information et la Marine nationale (centre d’expertise des programmes navals, centre d’expérimentations pratiques et de réception de l’aéronautique navale, service de soutien de la flotte, etc.).

Un point de contact unique, M. Sylvain-Pierre Galliano, est désigné pour piloter l’interface avec le lauréat et les interlocuteurs du Ministère des armées, et à terme, de l’industrie navale de défense.

## Prise en compte du cadre réglementaire

Les données mises à disposition seront d’un niveau « Diffusion Restreinte (DR) », ce qui signifie :

* que les données « Diffusion Restreinte » transmises par l’Administration au(x) lauréat(s) ne pourront pas être communiquées à des tiers sans une vérification préalable du tiers par l’Administration ;
* que le(s) lauréat(s) s’engage à ne pas connecter le média ou support contenant ces données à Internet directement ou indirectement ;
* que l’ensemble des données sera restitué à l’Administration par le(s) lauréat(s) ou, à défaut, que le(s) lauréat(s) s’engagent sur leur destruction définitive par un moyen spécifié par l’Administration (et reconnu par l’ANSSI) ;
* que le lauréat devra avoir les infrastructure nécessaires pour traiter les données en local et les capacités de calcul suffisantes. L’utilisation du cloud computing pour ce type de données n’est pas possible.

# DEROULEMENT DU CHALLENGE

La durée du challenge est de 12 mois se déroulant ainsi :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Jalon 1  « Données » | Mois 1 à 3 | Prise en main des données (nettoyage, élagage…). Le lauréat étudiera l’opportunité de segmenter les données en plusieurs sous-ensemble en fonction par exemple de l’état de mer. Il devra restituer le jeu de données finalisé ainsi qu’un rapport précisant les difficultés rencontrées. |
| Jalon 2  « Algo état de mer 6 à 9 » | Mois 4 à 5 | Mise au point d’un algorithme de prédiction de l’état de mer pour les états de 6 à 9 selon l’échelle de Douglas |
| Jalon 3  « Algo état de mer 3 à 5 » | Mois 6 à 7 | Mise au point d’un algorithme de prédiction de l’état de mer pour les états de 3 à 5 selon l’échelle de Douglas |
| Jalon 4  « Algo état de mer 1 à 2 » | Mois 8 à 9 | Mise au point d’un algorithme de prédiction de l’état de mer pour les états de 1 à 2 selon l’échelle de Douglas |
| Jalon 5  « Algo prédiction de la houle » | Mois 10 à 11 | Mise au point d’un algorithme de prédiction de la houle (hauteur de vague, période et direction) pour tous les états de mer.  Jalon optionnel étant donné la difficulté et les éventuels retards pris sur les jalons précédents |
| Jalon 6  « restitution » | Mois 12 | Restitution des résultats (rapport, présentation, algorithmes…) |

# EXIGENCE ET CRITERES DE SELECTION\*

Les lauréats doivent avoir une connaissance, une expérience et des références vérifiables des techniques d’IA permettant de manipuler et traiter des séries temporelles de discrets, et dans la mesure du possible avoir une expérience dans la problématique de stabilisation de plateformes.

Les lauréats doivent notamment préciser comment ils proposent d’organiser leur réponse algorithmique (une IA, plusieurs IA en fonction de classes différentes, etc.).

Les lauréats préciseront notamment la stratégie d’échanges proposée vis-à-vis du client pour valider progressivement, dès la première phase de 3 mois, les orientations prises en matière de traitement des données et de développement algorithmique.

Le lauréat sera sélectionné sur la qualité de la méthodologie algorithmique qu’il propose d’appliquer, sur ses compétences en matière d’analyse de données, de la bonne répartition de ces données d’entrée en fonction de la méthodologie algorithmique envisagée.

Le lauréat sera également sélectionné sur sa capacité matérielle (calculs, traitement de données, entraînements, sans faire appel aux technologie sur le cloud) à traiter les données d’entrée spécifiées.

Le lauréat sera sélectionné sur sa capacité à offrir une solution permettant in fine des évaluations temps réel via une API réseau (IP recommandé) et une IHM simple d’utilisation à plusieurs échéances temporelles.

Le lauréat sera enfin sélectionné sur la capacité de la solution proposée à être embarquée après le challenge sur une plate-forme informatique de basse consommation : entre 15 W et 150W.

# restitution du challenge

La restitution se fera sous la forme d’une analyse des écarts entre, en entrée, les données fournies (données de jauges de contraintes, données d’attitudes, données météo) et, en sortie, celles issues de l’algorithme de prédiction de l’état de la mer (données anticipées à 10 secondes, une minute et 5 minutes). Les données fournies au lauréat en phase de restitution ne seront pas connues avant la finalisation de l‘algorithme.

Voici en détail les livrables attendus :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Jalon | Période | Livrables |
| Jalon 1  « Données » | Mois 1 à 3 | * Jeu de données finalisé ; * Rapport précisant les travaux effectués sur les données, les difficultés rencontrées,… |
| Jalon 2  « Algo état de mer 6 à 9 » | Mois 4 à 5 | Pour chacun de ces jalons, le lauréat livrera plusieurs algorithmes de prédiction de l’état de mer pour les états considérés dans le jalon :   * Un algorithme en utilisant seulement les données d’attitudes ; * Un algorithme en utilisant seulement les données de jauges de contraintes ; * Un algorithme en utilisant seulement les données d’attitudes et de jauges de contraintes ;   De plus, si le besoin s’en fait sentir, le lauréat pourra choisir de fournir un algorithme par période d’anticipation (quelques secondes, une minute minutes, 5 minutes par exemple).  Le lauréat présentera les résultats obtenus dans un rapport au format pdf et une présentation powerpoint. |
| Jalon 3  « Algo état de mer 3 à 5 » | Mois 6 à 7 |
| Jalon 4  « Algo état de mer 1 à 2 » | Mois 8 à 9 |
| Jalon 5  « Algo prédiction de la houle » | Mois 10 à 11 |
| Jalon 6  « restitution » | Mois 12 | Restitution des résultats (rapport, présentation, algorithmes finaux…) et conclusions. |

# perspectives et retombées possibles du challenge pour le lauréat

Ce challenge constitue la première phase d’un système plus ambitieux capable d’agir sur les lois de commande d’un système de stabilisation, mais visant à permettre à plus grande échéance d’envisager différentes routes de navigation en fonction des éléments échangés par différents navires.

Cette première phase ouvre la voie à une meilleure gestion de la stabilisation des navires, donc de leur maintenance, de leur consommation énergétique, du confort de ses passagers et de l’efficacité de ses systèmes embarqués.

En cas de succès, cette phase serait suivie d’un projet d’innovation plus ambitieux permettant de tester la solution dans un environnement simulé (lequel existe déjà chez un partenaire industriel) pour commencer, puis en environnement réel, avec des partenaires industriels très impliqués dans le domaine.

Pour le lauréat, les retombées socio-économiques, et la visibilité offerte par ce challenge, lui ouvrirait des perspectives proportionnelles aux gains démontrés lors du challenge, tant dans l’industrie civile que militaire, le marché des plateformes navales étant très porteur et en constante évolution.

Le candidat sera libre de communiquer sur ses résultats à l’extérieur, et sera par ailleurs accompagné et appuyé par le sponsor en cas de publication conjointe.

1. Source Météo-France (http://www.meteofrance.fr/publications/glossaire/150763-etat-de-la-mer) [↑](#footnote-ref-1)