



---

## Cahier des charges

Tentative d'apprentissage des corrélations entre phases de la lune et du soleil et coefficients des marées

---

*Auteurs :*

Otmane EL ALOI, Abdelhafid SAOUD, Abdelhadi ZIANE

*Encadrant :*

Mr. Olivier ROUX

Option :  
Informatique

## Table des matières

1	Contexte et définition du problème . . . . .	2
1.1	Les marées . . . . .	2
2	Machine learning et prédictions . . . . .	4
3	Objectifs . . . . .	5
4	Périmètre . . . . .	5
5	Description fonctionnelle . . . . .	6
5.1	Diagrammes de cas d'utilisation . . . . .	6
5.2	Description des cas d'utilisations . . . . .	7
6	Environnement du développement . . . . .	9
7	Livrables et délais . . . . .	9
8	Planning . . . . .	9

# 1 Contexte et définition du problème

## 1.1 Les marées

De nos jours, les océans connaissent plusieurs déplacements des navires qui peuvent restées des jours dans la mer. À cet effet, la connaissance de l'état de l'océan est primordial pour leurs sécurités. Ceci est vrai aussi pour les pêcheurs et les plongeurs qui doivent connaître l'état de la mer pendant une période donnée, afin de pratiquer leurs activités en toute sécurité.

Les marées constituent l'une des phénomènes les plus consultés par les utilisateurs de la mer . Elles représentent la montée et la descente des niveaux d'eau dans la mer, qui est le résultat des forces exercées par les corps célestes, les plus influents (la Lune et le Soleil) sur la terre combinées à sa propre rotation qui génère une force centrifuge 4.

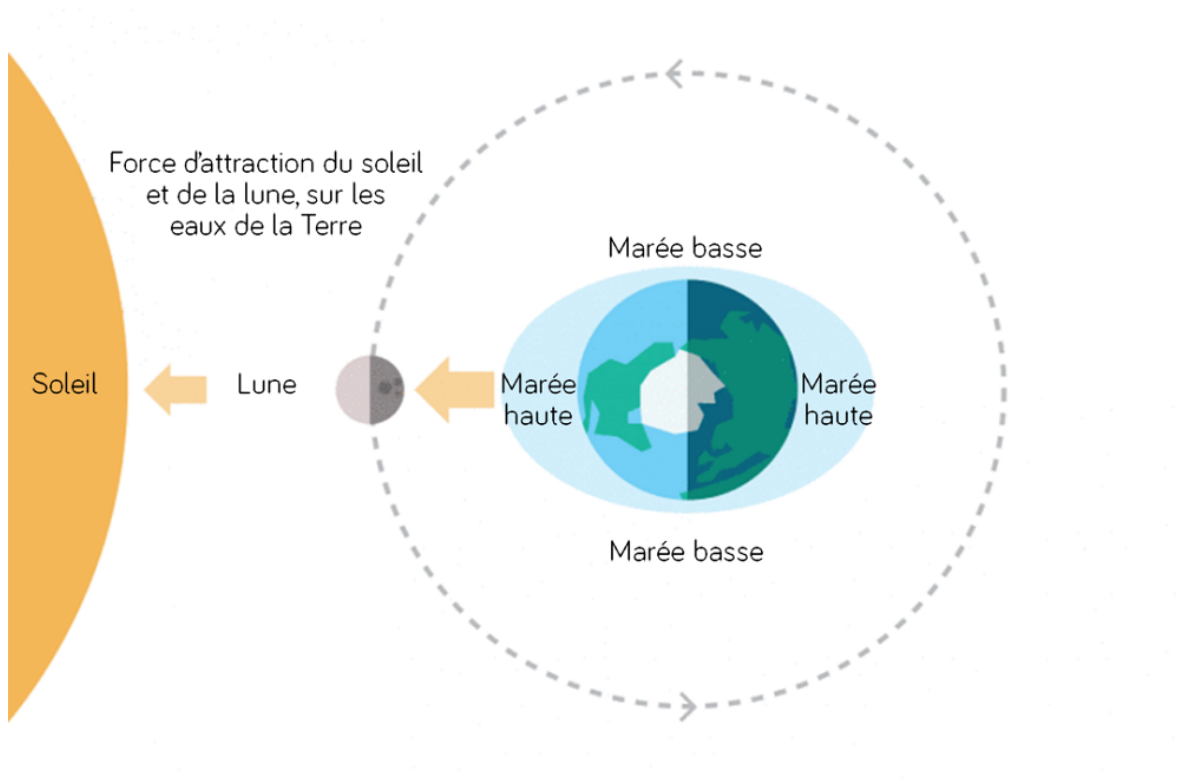


FIGURE 1 – Illustration de la formation des marées suite aux attractions de la lune et du soleil.

Cette force dite gravitationnelle varie en fonction de la position de la Lune et du Soleil par rapport à la Terre : s'ils sont du même côté ou directement en face l'un de

l'autre, il y aura une marée haute 4. S'ils sont séparés de  $90^\circ$ , il y aura une marée basse.

Pour avoir une indication sur l'amplitude de la marée. On fait appel à un coefficient nommé **coefficient de marée** qui varie généralement entre 20 et 120. Plus le coefficient de marée est élevé, plus l'amplitude des marées est grande, c'est-à-dire la différence de hauteur d'eau entre la marée haute et la marée basse. Cela signifie que le niveau de la mer monte et descend très loin. La valeur moyenne est de 70. Nous parlons de marées fortes –appelées grandes marées– à partir du coefficient 95. A l'inverse, les marées faibles sont appelées marées basses.

Ils s'avère donc qu'une prédiction des coefficients de marées pour un instant futur est nécessaire. En France, c'est exclusivement le SHOM, héritier d'une longue tradition relative au calcul des marées, qui effectue les calculs et édite les documents de prédiction officiels pour la navigation maritime depuis 1839.

Elle considère la marée comme la somme des marées élémentaires strictement périodiques appelées composantes harmoniques.

$$Y(t) = Z_0 + \sum A_i \cos(\omega_i t + V_{0i} - G_i)$$

où :

- $Z_0$  : niveau moyen
- $A_i$  : amplitudes des ondes élémentaires à Greenwich
- $\omega_i$  : pulsations des ondes élémentaires
- $V_{0i}$  : valeurs des arguments astronomiques à  $t = 0$
- $G_i$  : situations des ondes élémentaires à Greenwich

Ces composantes harmoniques peuvent être décomposées en quatre types :

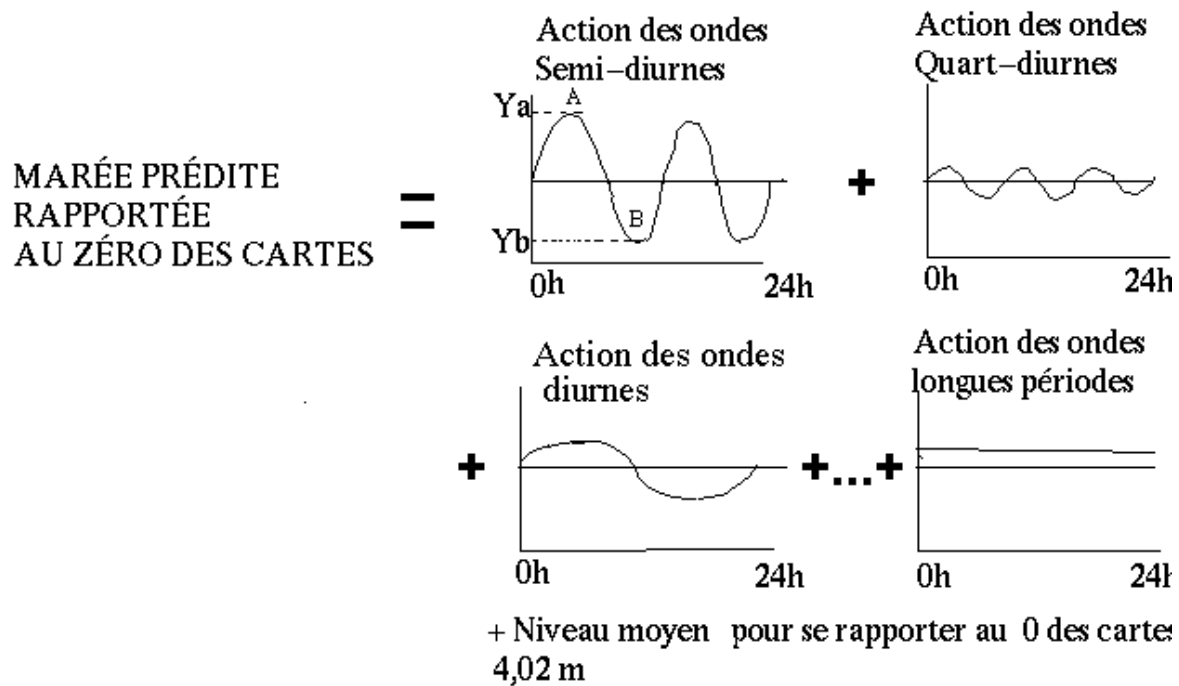
- les ondes semi-diurnes dont la période est voisine de douze heures
- les ondes diurnes dont la période est voisine de 24 heures
- les ondes de longues périodes : bimensuelle, mensuelle, semestrielle, annuelle...
- les ondes supérieures et composées de périodes quart-diurne, tiers-diurne..

La formule précédente est utilisée pour calculer les coefficients de marées. Ces derniers indiquent l'ampleur de la mer par rapport à sa hauteur moyenne et ils sont calculés comme suit :

$$C = \frac{Y_a - Y_b}{U} \times 100$$

où :

- $Y_b$  : est la hauteur d'eau de la pleine mer
- $Y_a$  : est la hauteur d'eau en basse mer
- $U$  : valeur moyenne du marnage propre à la localité (à Brest, 6,10 m)



<p>Coefficient pour la PM en A</p> $= \frac{Y_a - Y_b}{6,10} * 100$	<p>si <math>Y_a - Y_b = 6,10\text{m}</math> alors coef = 100 ( VE )          si <math>Y_a - Y_b = 2,74\text{m}</math> alors coef = 45 ( ME )</p>
---	--

FIGURE 2 – Illustration du calcul du coefficient de marée à l'aide des composantes harmoniques

La figure 2 décrit graphiquement le calcul des coefficients de marée par la formule harmonique explicitée précédemment. On remarque que les ondes diurnes et semi-diurnes sont généralement les plus importantes. Ainsi elles génèrent la forme générale de la marée en un lieu et déterminent le type de la marée.

## 2 Machine learning et prédictions

Le Machine Learning est massivement utilisé pour la Data Science et l'analyse de données. Le terme « Machine Learning » a été introduit à partir de 1959 par Arthur Samuel, le principe sous-jacent est simple et prend ses bases théorique au XIXème siècle : entraîner un modèle sur des données historiques : ce qu'on appelle « l'apprentissage » et l'appliquer sur les nouvelles données : ce qu'on appelle « la prédiction ». Il permet ainsi de développer, de tester et d'appliquer des algorithmes d'analyse prédictive sur différents types de données afin de prédire le futur.

La méthode précédente (ondes harmoniques) nécessite des connaissances spécifiques des lois de la physique pour faire les prédictions des coefficients des marées. Ainsi dans

ce projet nous tentons d'exploiter des techniques de Machine Learning (ML) afin de prédire les coefficients de marée à un instant future et ceci sans connaissance préalable des modèles physiques derrière le phénomène de marée.

### 3 Objectifs

Les objectifs de notre projet sont la prédiction des valeurs futures des coefficients de marée à partir des mesures obtenues sous la forme d'une longue séquence temporelle (sur plusieurs années) des relevés datés des coefficients de marée dans le port de Brest, en conjonction avec des données datées sur les phases de la lune (et donc en tenant compte des phases du cycle solaire). Ensuite, la mise en production d'une interface permettant la visualisation de ces valeurs prédites.

### 4 Périmètre

Ce projet s'intègre dans le cadre de l'étude des mouvements de la marée grâce à des outils mathématiques et informatiques. Plus précisément l'exploitation de certaines lois mathématiques pour développer des modèles de « Machine Learning » permettant de décrire et de prédire le comportement des phénomènes liés aux mouvements maritimes.

Dans ce projet intervienne plusieurs parties prenantes, internes et externes. Elles sont représentées dans le schéma ci-dessous 3 :

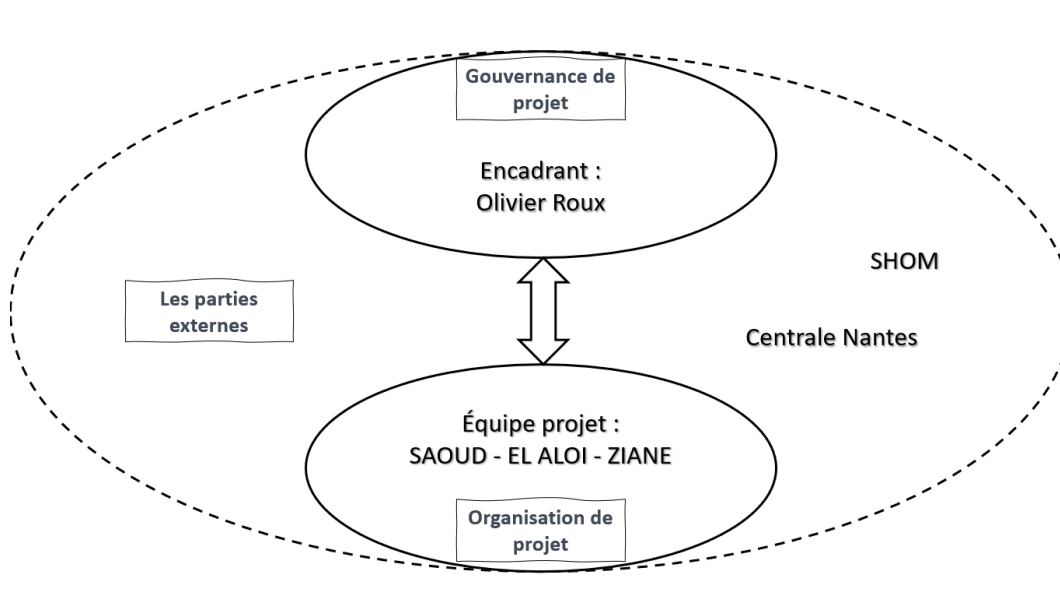


FIGURE 3 – Parties prenantes du projet

## 5 Description fonctionnelle

### 5.1 Diagrammes de cas d'utilisation

Le diagramme de cas d'utilisation a pour but de donner une vision globale sur les interfaces de future application. C'est le premier diagramme UML constitué d'un ensemble d'acteurs qui agit sur des cas d'utilisation et qui décrit, sous la forme d'actions et des réactions, le comportement d'un système du point de vue utilisateur.

**Acteur :** un acteur est un utilisateur qui communique et interagit avec les cas d'utilisation du système. C'est une entité ayant un comportement comme une personne, système ou une entreprise.

**Système :** cet élément fixe les limites du système en relation avec les acteurs qui l'utilisent (en dehors de système) et les fonctions qu'il doit fournir (à l'intérieur du système). Analyse et spécification des besoins Projet.

**Cas d'utilisation :** un cas d'utilisation représente un ensemble de séquences d'actions à réaliser par le système et produisant un résultat observable intéressant pour un acteur particulier représenté par des ellipses et limité par un rectangle pour représenter le système.

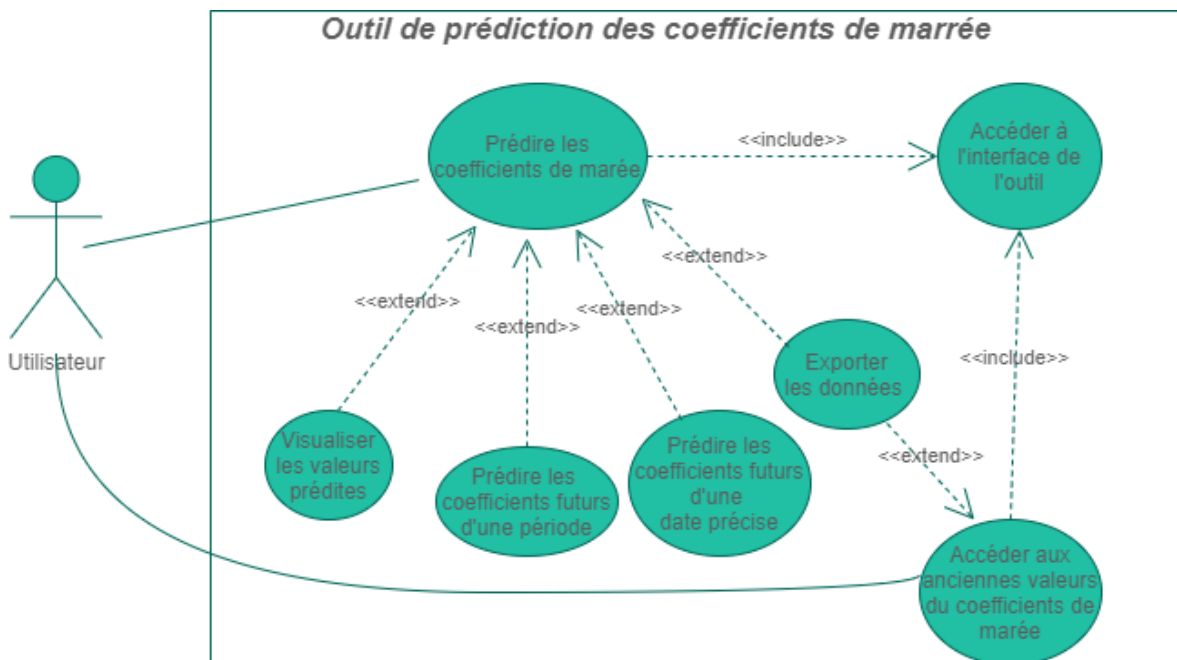


FIGURE 4 – Diagramme de cas d'utilisation

## 5.2 Description des cas d'utilisations

Les tableaux qui suivent présente une description des différents cas d'utilisations présentées avec le diagramme précédent.

Fonction : Prédire les coefficients de marée	
Objectif :	Donner des approximations des coefficients de marée à un instant donnée
Description :	Lors de l'accès à l'application, l'utilisateur aura accès au modèle de prédiction.
Contraintes / règles de gestion :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La méthode de prédiction devrait inclure des modèles de Machine learning/ Deep Learning.</li> <li>• Lors de l'accès à l'application, l'utilisateur trouvera par défaut les prédictions pour les sept jours qui suivent la date en cours.</li> </ul>
Niveau de priorité :	Haute

Tableau 1 – Description du cas d'utilisation «Prédire les coefficients de marée»

Fonction : visualisation	
Objectif :	Visualiser la variation des coefficients de marée.
Description :	Cette fonction doit permettre à l'utilisateur d'avoir un aperçu visuel sur la variation des coefficients de marée dans la période choisi.
Contraintes / règles de gestion :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisateur pourra à partir la visualisation savoir la valeur exacte du coefficient de marée.</li> <li>• L'utilisateur peut choisir la période à visualiser.</li> </ul>
Niveau de priorité :	Moyenne

Tableau 2 – Description du cas d'utilisation « visualisation »

Fonction : Prédire les coefficients futurs d'une période	
Objectif :	Donner une approximations des coefficients de marée pour une période précisée par l'utilisateur
Description :	Lors de l'accès à l'application, l'utilisateur mentionnera la période de prédiction souhaitée.
Contraintes / règles de gestion :	
Niveau de priorité :	Haute

Tableau 3 – Description du cas d'utilisation «Prédire les coefficients futurs d'une période»



Fonction : Exporter les données	
Objectif :	Permettre l'exportation des valeurs des coefficients de marée.
Description :	Lors de l'accès à l'application, l'utilisateur aura la possibilité d'exporter les données.
Contraintes / règles de gestion :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les données exportées peuvent être sous format graphique ou tabulaire.</li> <li>• L'utilisateur choisira la période à exporter.</li> <li>• L'utilisateur choisira la forme de l'exportation (graphique ou tabulaire).</li> </ul>
Niveau de priorité :	Moyenne

Tableau 4 – Description du cas d'utilisation «Exporter les données»

Fonction : Accéder aux anciennes données	
Objectif :	Accéder au coefficient de marée correspondant à une date précise
Description :	Lors de l'accès à l'application, l'utilisateur pourra accéder au coefficient de marée d'une ancienne date à l'aide d'une fonctionnalité dédiée à cette tâche
Contraintes / règles de gestion :	
Niveau de priorité :	Moyenne

Tableau 5 – Description du cas d'utilisation «Accéder aux anciennes données»

Fonction : Accéder à l'interface de l'outil	
Objectif :	Présenter les résultats de la prédiction de manière concise et avec des visualisations.
Description :	L'interface permettra à l'utilisateur d'accéder aux anciennes données et de faire des prédictions pour une date ou une période précise.
Contraintes / règles de gestion :	L'interface de l'outil devrait être une page web.
Niveau de priorité :	Moyenne

Tableau 6 – Description du cas d'utilisation «Accéder à l'interface de l'outil»

## 6 Environnement du développement

- Les algorithmes de prédiction devraient être développés essentiellement sous Python. L'interface de prédiction pourra être développée sous HTML/CSS et éventuellement du JavaScript.



FIGURE 5 – Outil de développement

- Le projet devra être construit d'une manière à ce qu'il soit reproductible. Ainsi il doit être fourni sous forme d'une image docker.



FIGURE 6 – Logo de l'outil docker

## 7 Livrables et délais

Pour structurer notre travail et répondre à ce besoin, nous devons réaliser les livrables suivants :

- le 01/10/2021 : Cahier des charges
- le 15/10/21 : Diagrammes UML / MCD / documents de conception
- le 03/12/21 : Squelette de rapport
- le 04/01/22 : Rapport final
- le 07/01/22 : L'interface de prédiction

## 8 Planning

L'étape de planification de tout projet est une étape cruciale dans le cycle de lancement d'un projet. Elle consiste à déterminer et à ordonnancer les tâches du projet et à estimer leurs charges respectives.

Ci-dessous le planning générale de notre projet.

