



AGENCE SPATIALE ALGERIENNE
CENTRE DES TECHNIQUES SPATIALES

Détermination de la référence altimétrique et Analyse spectrale des composantes par traitement des données marégraphiques

A. Rami¹, M. A. Meslem², M. Nechimi², T. Benkouider¹

¹ *Centre des Techniques Spatiales / Agence Spatiale Algérienne*

² *Institut National de Cartographie et de Télédétection*

Plan de l'Exposé

- 1) Définitions**
- 2) Objectif**
- 3) Observation du niveau de la mer**
- 4) Analyse harmonique**
- 5) Traitement et analyse**
- 6) Conclusion et perspectives**

Définitions

Référence altimétrique

Une référence altimétrique est un point qui a une valeur conventionnellement nulle et se situe sur le géoïde qui est la surface équipotentielle supposée continue sous les continents et se raccordant avec le niveau moyen des mers observé au repos.

Niveau moyen de la mer

C'est la moyenne des résidus des variations des hauteurs d'eau auxquelles on a enlevé la marée.

La marée

C'est la variation du niveau de la mer due à l'attraction gravitationnelle de la lune et du soleil

Problématique et Objectif

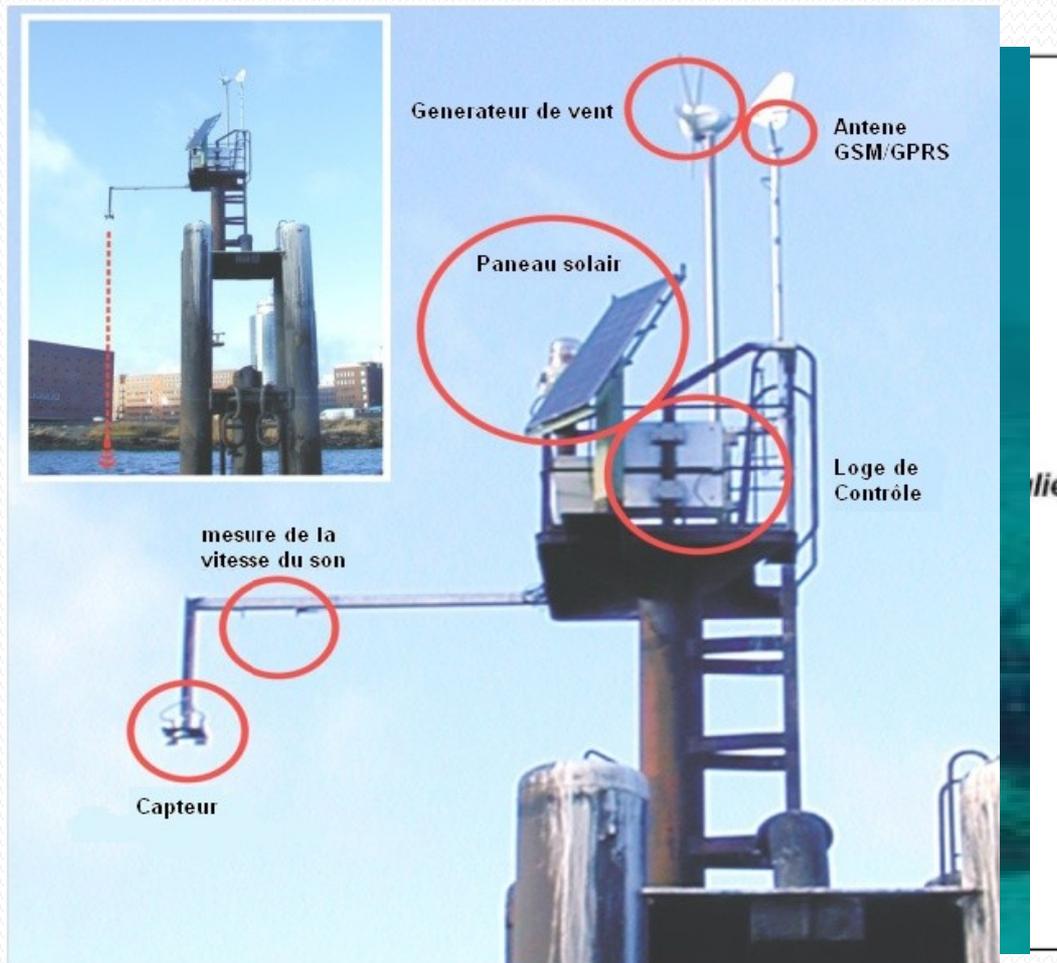
l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) avec la collaboration du Service Hydrographique des Forces Navales (SHFM) a installé 3 marégraphes (avant 2013) le long des côtes algériennes pour la définition d'une référence altimétrique nationale d'une part et pour la prédiction de la marée sur ses cotes d'autre part.

Objectif :

- 1. La détermination de la référence d'altitude zéro;**
- 2. L'analyse spectrale des composantes harmoniques**
 - Type de la marée;**
 - Prédiction de la marée.**

Observation du niveau de la mer

Marégraphes à acquisition automatique
Marégraphes équipés d'un groupe (VLE) pression



Marégraphe de type log-aLevel

Observation du niveau de la mer

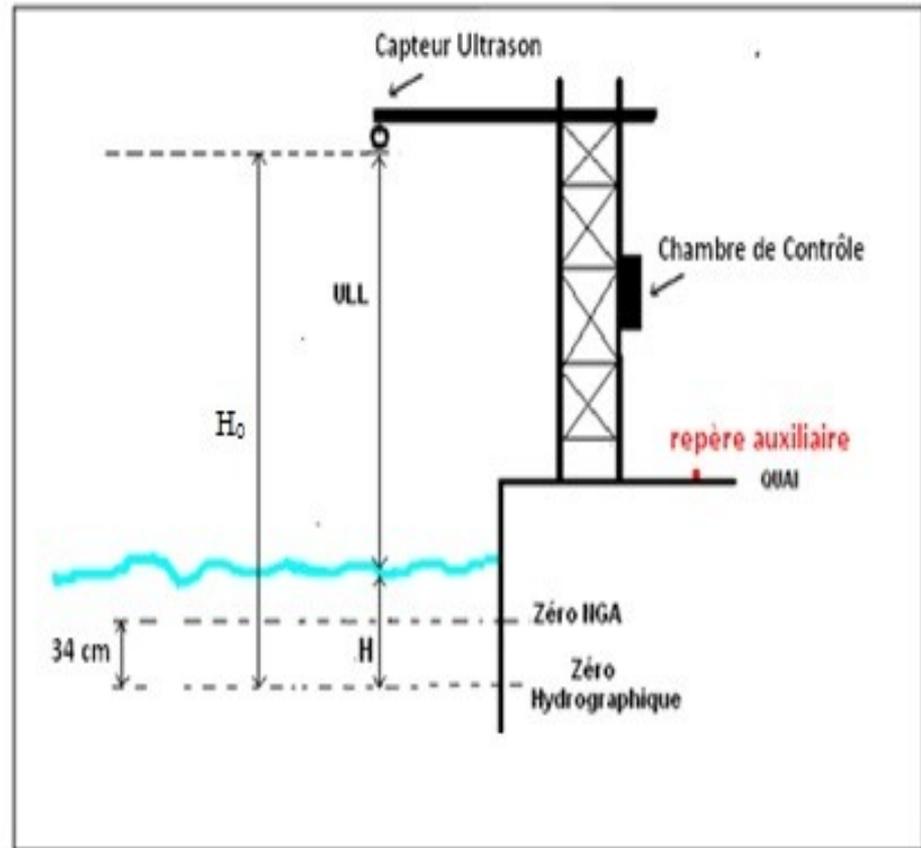
Principe de mesure :

- Le Marégraphe enregistre la distance entre le capteur et la surface de la mer :

$$ULL = C \Delta t / 2$$

$$H = H_0 - ULL$$

- En calculant la cote du capteur par rapport au NGA, on peut avoir le niveau de la mer par rapport au zéro hydrographique



Analyse Harmonique

Doodson a utilisé les 5 angles fondamentaux ainsi que le temps lunaire moyen pour positionner les mouvements de la Lune et du Soleil dans le repère terrestre

$$\Delta h_M(\varphi, \lambda, t) = Z_0 + \sum_i F_i (A_i \cos(\xi_i) + B_i \sin(\xi_i))$$

$$\xi_i = \omega_i t + X_i + U_i \quad A_i = H_i \cos(\psi_i) \quad B_i = H_i \sin(\psi_i)$$

A_i et B_i sont appelées les constantes harmoniques du port considéré.

F_i est le coefficient de la correction nodale de l'amplitude de l'onde i .

U_i est la correction nodale de la phase de l'onde i .

X_i est l'argument astronomique pour $t=0$.

ω_i est la fréquence de l'onde : elle est donnée par le développement de Doodson.

Analyse Harmonique

L'expression des équations linéarisées de la marée océanique amène donc à chercher la dénivellation du niveau des océans créée par la force génératrice de la marée.

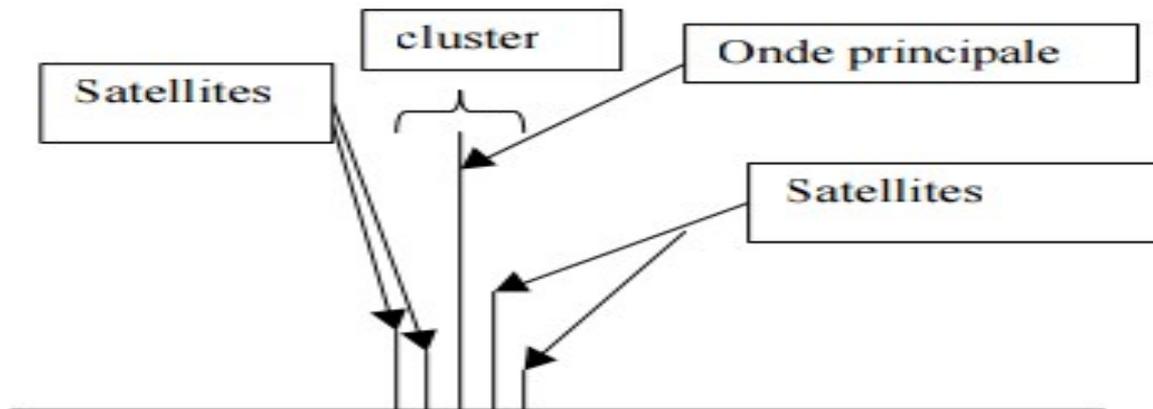
$$\Delta h_M(\varphi, \lambda, t) = Z_0 + \sum_i H_i(\varphi, \lambda) \cos(\omega_i t - \psi_i(\varphi, \lambda))$$

Z_0 : est le niveau moyen rapporté au zéro hydrographique autour duquel oscille le niveau de la mer.

Analyse Harmonique

Correction nodales

Les constituants qui posent problème pour être extraits du signal marégraphique sont ceux qui ont les 3 premiers nombres de Doodson égaux. Le constituant qui a une amplitude dominante est appelé onde principale, les autres sont des satellites.



$$f_j = \sigma_1 + \sum_k A_{jk} r_{jk} \cos(\theta_{jk} + \Delta_{jk} \sigma) + \sum_k A_{jk} r_{jk} \sin(\theta_{jk} + \Delta_{jk} \sigma)$$

$$u_j = \arctan \frac{\sum_k A_{jk} r_{jk} \sin(\theta_{jk} + \Delta_{jk} \sigma)}{\sum_k A_{jk} r_{jk} \cos(\theta_{jk} + \Delta_{jk} \sigma)}$$

Analyse Harmonique

Effets météorologiques

Il y a plusieurs facteurs météorologiques qui affectent la mesure marégraphique (salinité, les courants, la pression atmosphérique, les vagues...etc), les effets les plus importants sont :

- **Effet du baromètres inverse**

est une représentation de la réponse locale du niveau de la mer aux changements de pression atmosphérique, La correction statique en baromètre inversé s'écrit:

$$Inv_{Bar} = -9.948 * (P_{atm} - 1013.25)$$

- **Effet du vent**

le vent est un facteur climatique important dans la dynamique océanique, en effet, il est le forçage à l'origine de la houle

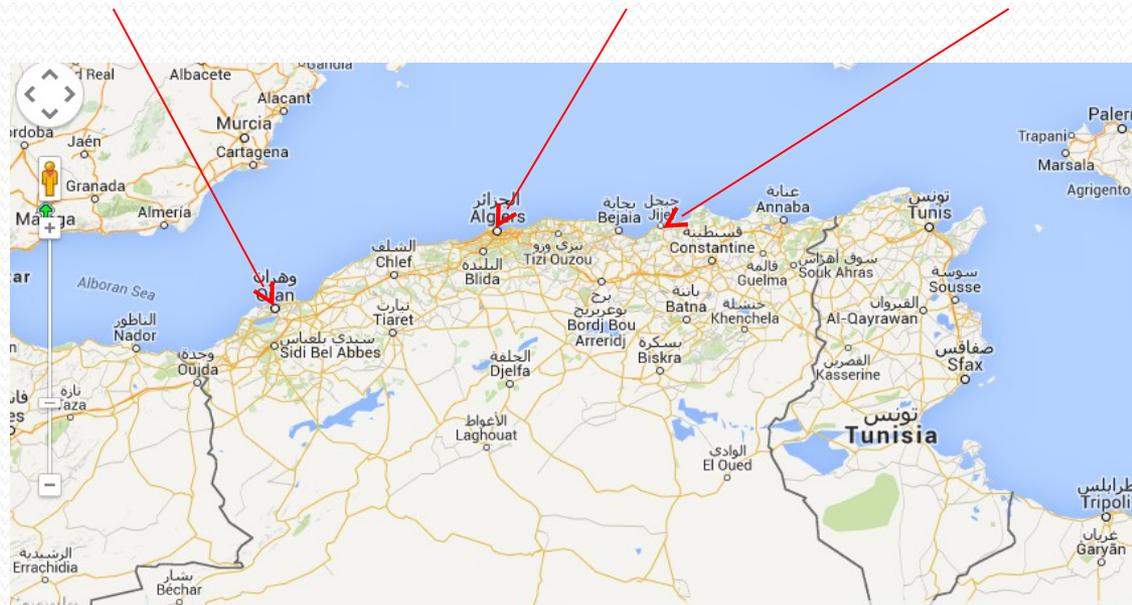
Connaître la direction et la vitesse du vent est primordiale pour toute étude de modélisation hydrodynamique

Traitement et analyse

Marégraphe d'Oran

Marégraphe d'Alger

Marégraphe de Jijel



Localisation Géographique des marégraphe

Traitement et analyse

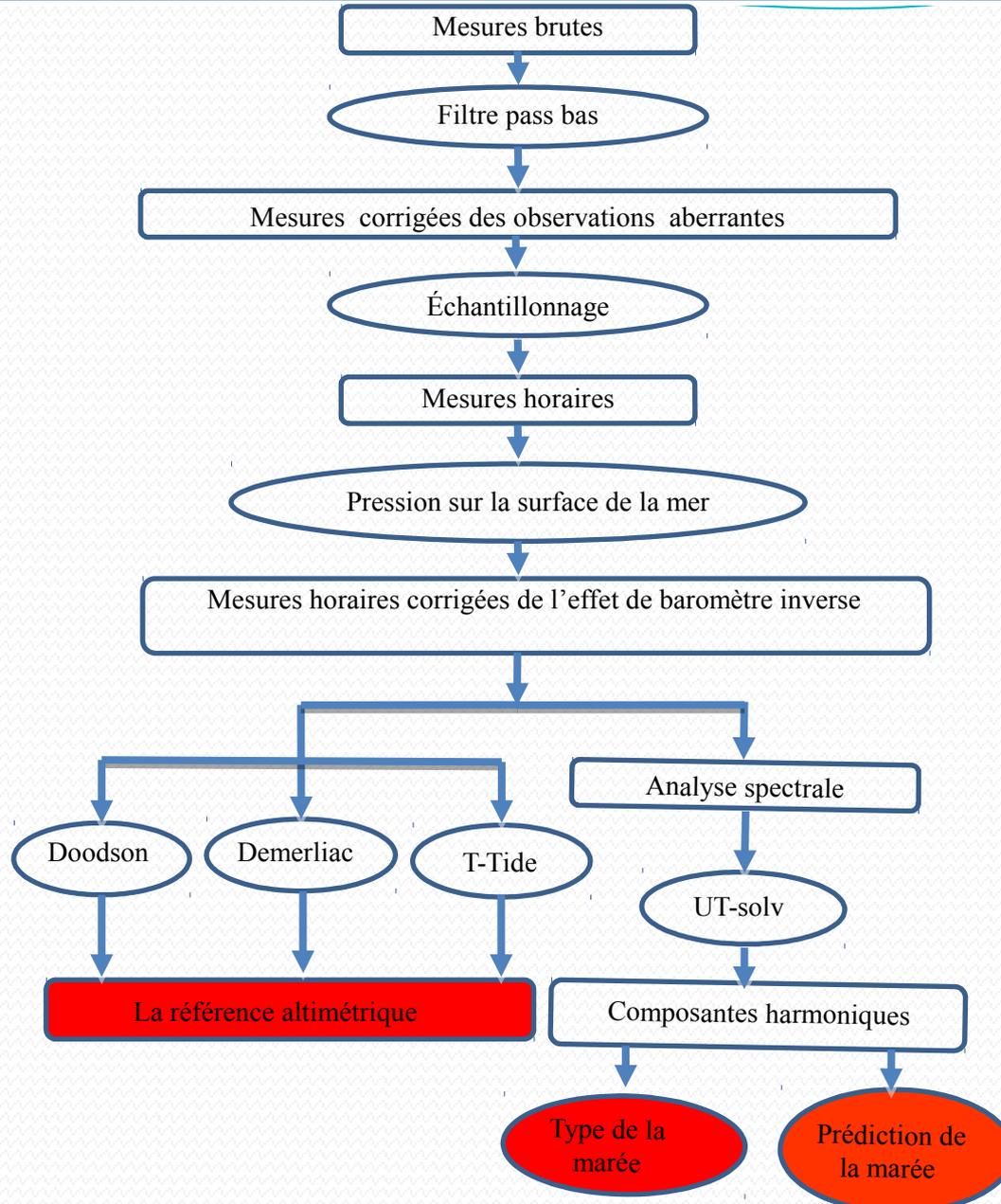
Données utilisées:

Les mesures issues de ce type de marégraphe sont réparties en quatre fichiers :

- ✂ Hauteurs de la mer à chaque minute (m) ;**
- ✂ Pression atmosphérique à la surface de la mer à chaque mesure (hPa) ;**
- ✂ Vitesse du vent et sa direction (m/s, °) ;**
- Pression atmosphérique, température et pluviométrie.**

Les données traitées dans ce projet sont fournies par l'INCT, dans le cadre d'une convention de collaboration scientifique avec le Centre des Techniques Spatiales (CTS).

Traitement et analyse



1- Détermination de Référence d'Altitude Zéro

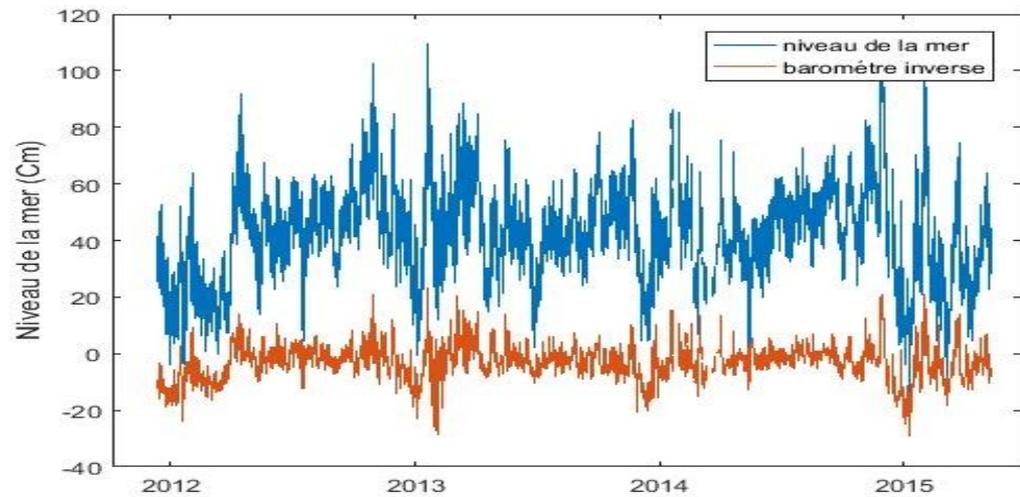
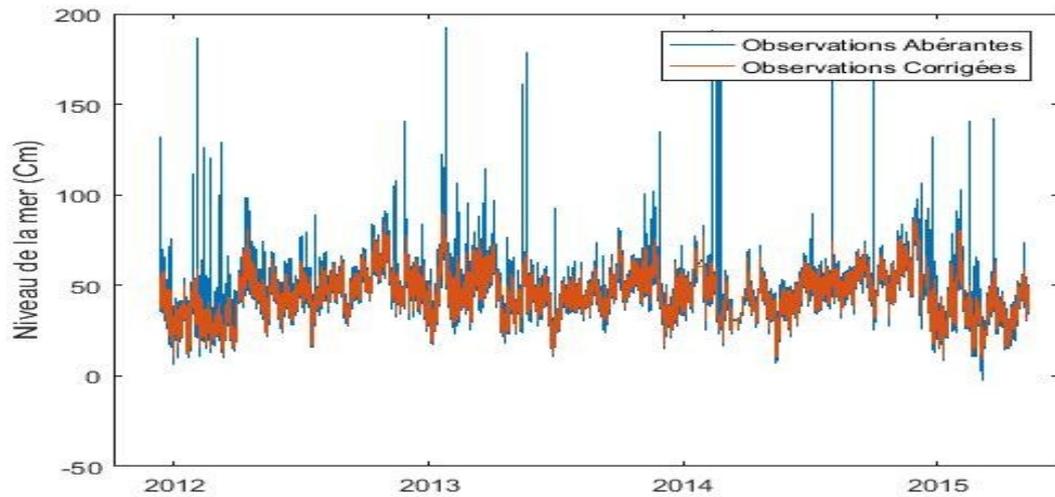
Les données traitées dans cette partie sont:

- **Station d'Alger, du 13/12/2011 au 11/05/2015;**
- **Station d'Oran, du 10/05/2013 au 10/06/2014;**
- **Station de Jijel, du 22/05/2012 au 27/02/2015.**

Toutes ces données sont échantillonnées à 1 minute d'intervalle.

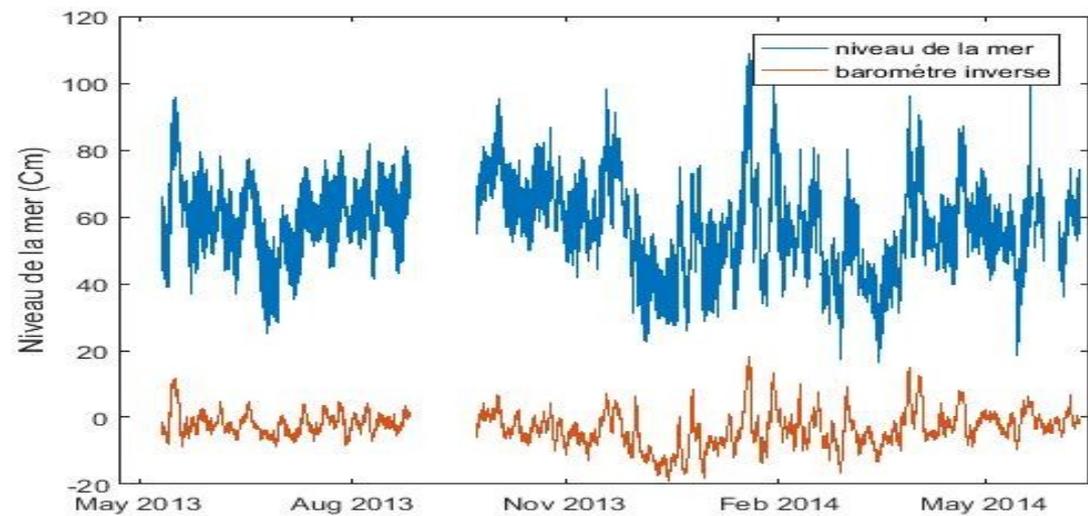
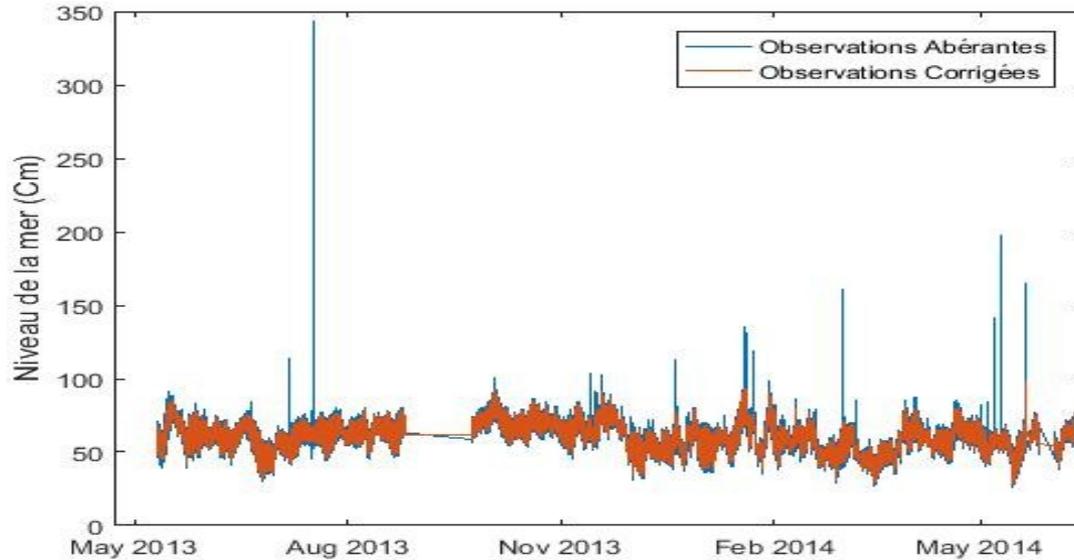
Traitement et analyse

- Station d'Alger



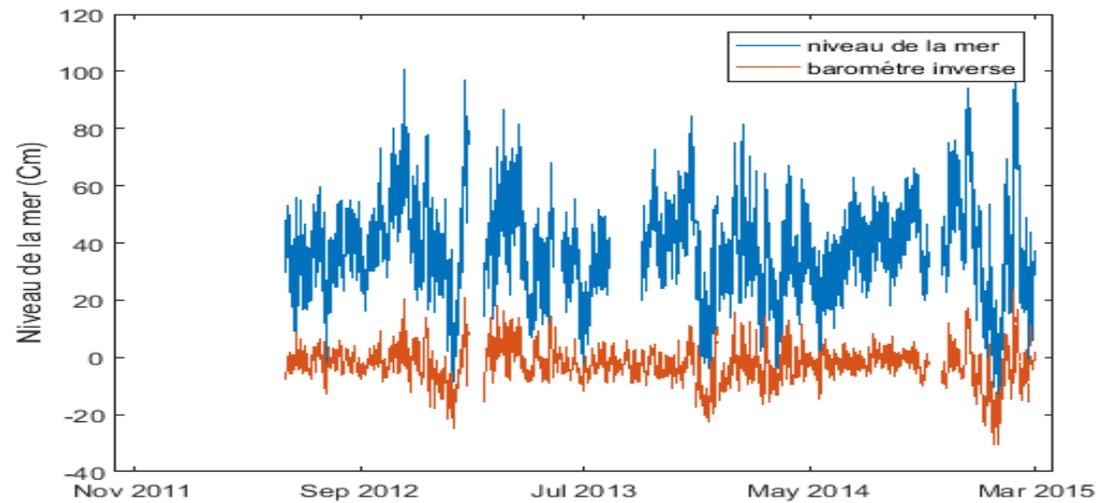
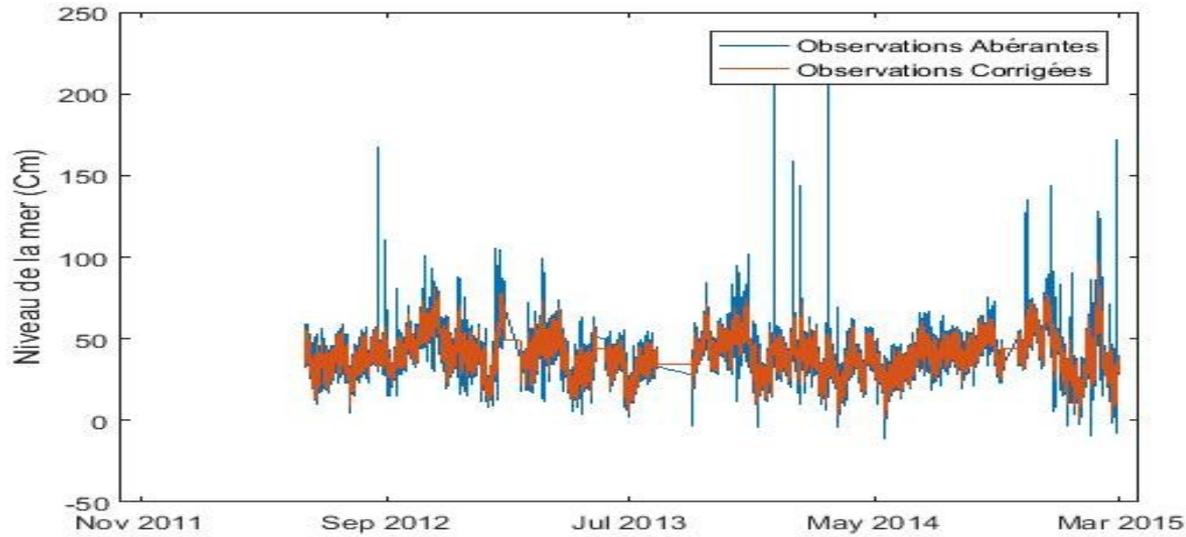
Traitement et analyse

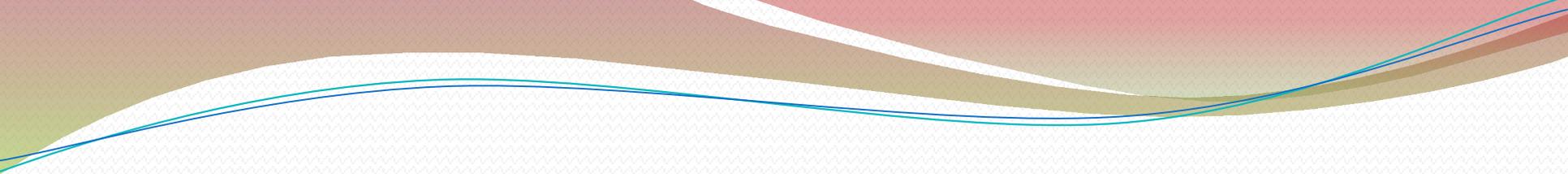
- Station d'Oran



Traitement et analyse

- Station de Jijel





	Reference vertical (cm)
--	--------------------------------

Traitement et analyse

2- Analyse spectrale

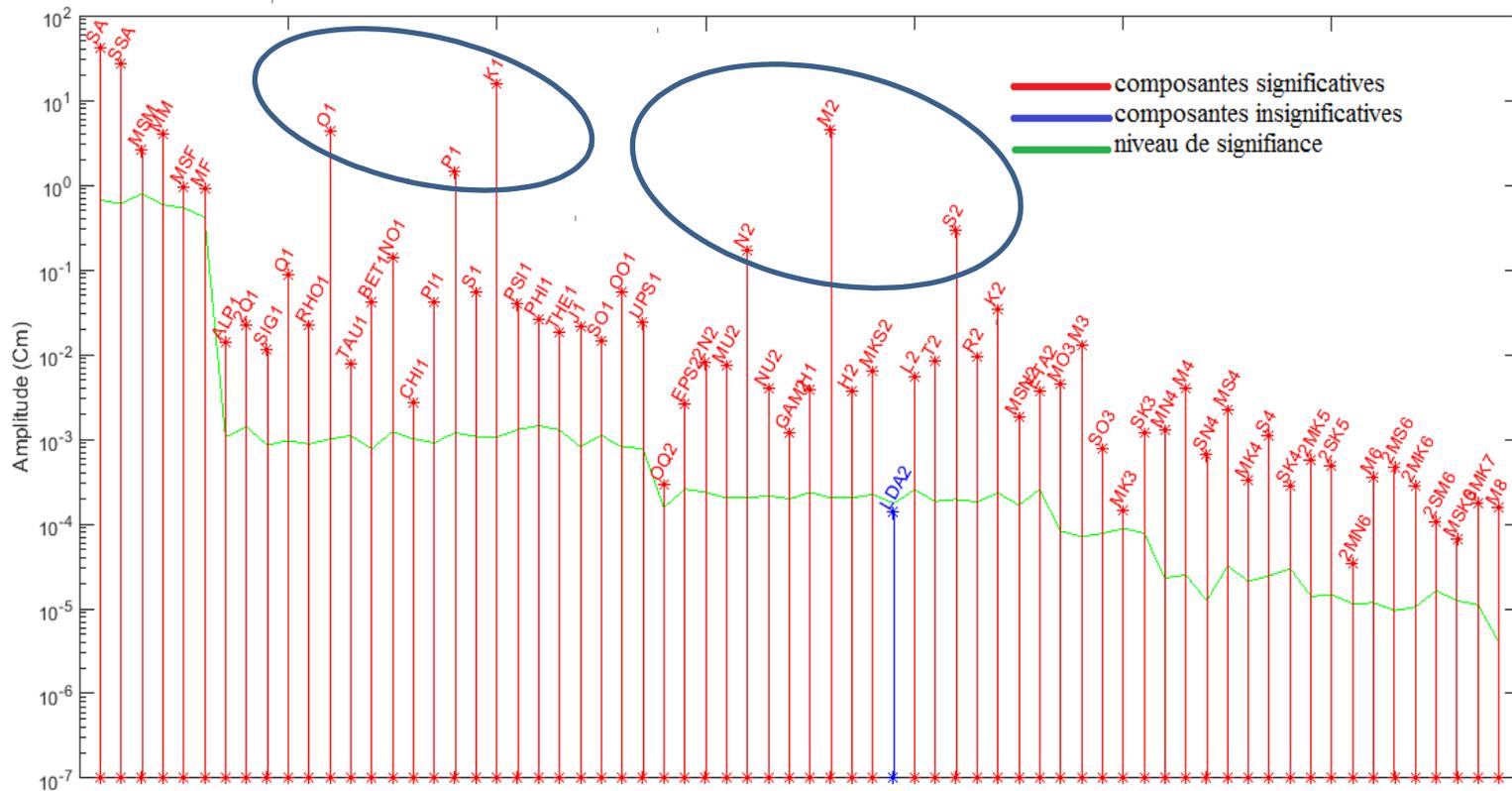
- **C'est une représentation objective du signal étudié, elle représente l'amplitude des composantes harmoniques en fonction de la fréquence du signal**
- **Elle consiste donc à localiser dans une gamme de fréquences, les amplitudes significatives relatives aux variations temporelles de la marée.**

Les données utilisées dans cette partie sont celles de la station d'Alger qui s'étalent du 01/01/2012 au 31/12/2014.

Traitement et analyse

2- Analyse spectrale

a- Type de la marée



Spectre des composantes harmoniques de la marée d'Alger en échelle logarithmique

Traitement et analyse

2- Analyse spectrale

a- Type de la marée

Pour déterminer exactement l'espèce de la marée on doit calculer le facteur R (Form factor) [Simon, 2007] :

$$R = \frac{A_{m_{K1}} + A_{m_{O1}}}{A_{m_{M2}} + A_{m_{S2}}}$$

$$1,5 \leq R < 3$$

Dans notre cas : $R=2,26$

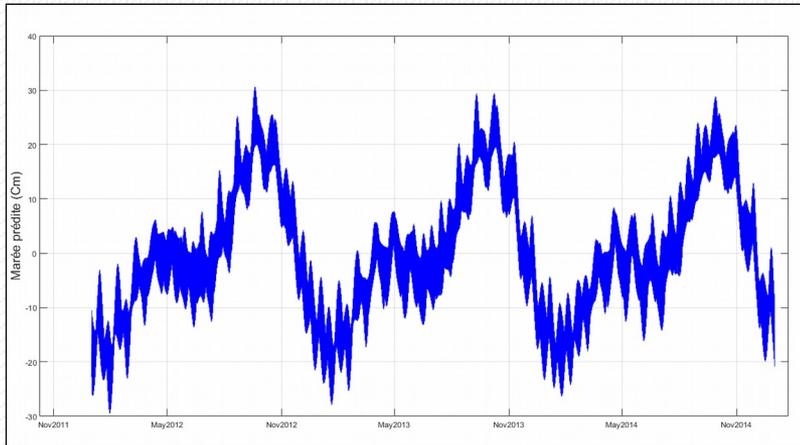
Donc la marée au port d'Alger est **Mixte**

Traitement et analyse

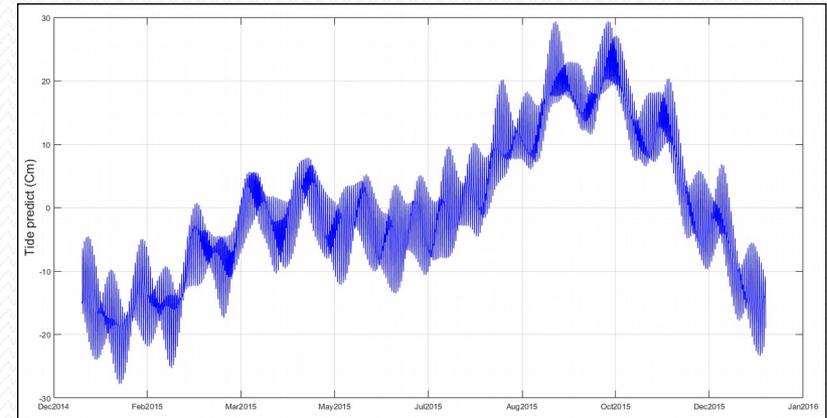
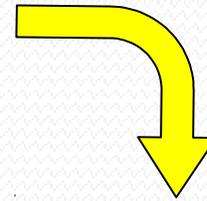
2- Analyse spectrale

b- Prédiction de la marée

Consiste à déterminer la marée au port d'Alger durant l'année 2015 en se basant sur les composantes harmoniques déterminées sur trois (03) années



Reconstruction de l'effet de la marée au port d'Alger du 2012 au 2014



Prédiction de l'effet de la marée au port d'Alger durant l'année 2015

Conclusion

- **Le traitement des données marégraphiques issues des trois stations (Alger, Oran et Jijel), fournies par l'INCT et qui s'étalent sur plusieurs années, par les filtres de Doodson, de Demerliac et T_tide nous a permis de déterminer le niveau de la mer au trois ports, et donc déterminer une référence altimétrique d'altitude zéro.**
- **L'analyse spectrale de trois années d'observation du marégraphe d'Alger (2012, 2013 et 2014) nous a permis d'identifier, dans une gamme de fréquences, les amplitudes significatives relatives aux variations temporelles de la marée et de dire que la marée est de type mixte dans cette station.**
- **Notons ici que les composantes harmoniques identifiées sont utilisées pour prédire la marée durant l'année 2015.**

Perspective

En perspective, l'intégration des données complètes (fréquence, température, pression) d'une longue période (18,6 ans au minimum) nous permettra d'avoir un niveau moyen plus précis, et de déterminer avec précision les composante harmonique pour pouvoir connaître le type de la marée à chaque station et faire une bonne prédiction.

L'installation de nouvelles stations marégraphiques, notamment à Ténès (Chlef), Ghazaouet (Tlemcen) et Annaba, va surement améliorer la précision sur la définition d'un système de référence altimétrique nationale.

Merci pour votre attention

