

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES  
UNIVERSITAIRES APPLIQUEES (D.E.U.A) EN SCIENCES DE LA MER

Sujet :



**Préparé par :**

*Zemmour Amar*

*Limam Meziane*

-Présenté à la commission de jury suivante :

**Promoteur :** *Mr. Hemdane. Y*

*Maître de conférence.*

**Examinatrice :** *Mme. Mehdid. S*

*Maître assistante.*

**Session : Juin 2010**

## SOMMAIRE :

- Introduction.....	1
- I/ Etude du niveau de la mer.....	3
• I-1- Les ondes infragravitaires.....	4
• I-2- Les météotsunamis et les seiches.....	4
• I-3- Les surcotes marines.....	4
• I-4- Les tsunamis.....	4
• I-5- La marée.....	6
- II/ Les marégraphes.....	7
• II-1- Définition.....	8
• II-2- Historique.....	8
• II-3- Types de marégraphes.....	9
➤ II-3-1- Les marégraphes analogiques.....	9
➤ II-3-2- Les marégraphes numériques.....	10
○ Les marégraphes à capteur de pression.....	10
○ Les marégraphes côtiers numériques.....	11
- III/ Analyse d'un exemple d'un signal du niveau de la mer issu du réseau de l'IOC.....	12
• III-1- Source des données.....	13
➤ III-1-1 Choix de la station marégraphique et de la période de mesures.....	14
• III-2- Méthodologies appliquées pour l'analyse du signal marégraphique.....	15
• III-3- Résultats du traitement du signal du marégraphe de Papeete.....	18
➤ III-3-1- Résultats de l'application de la FFT sur le signal temporel du marégraphe de Papeete.....	19
➤ III-3-2- Résultats de l'application des filtres <i>band pass</i> sur le signal temporel du marégraphe de Papeete.....	23
- IV/ Conclusion générale.....	25
- Bibliographie.....	26

**Introduction :**

Parmi les phénomènes naturels majeurs que connaît le monde actuel c'est l'élévation du niveau de la mer. Par conséquent, ce seront surtout les côtes basses et meubles qui seront les plus menacées par ce phénomène.

A ce propos, depuis plus d'un siècle, nous observons une élévation du niveau moyen des océans de l'ordre de 1 à 2 mm/an en moyenne. Cette vitesse a été plus rapide lors des 10 dernières années avec une élévation de l'ordre de 3 mm/an. En relation avec le réchauffement attendu de notre planète, un scénario raisonnable conduit à prédire une élévation moyenne du niveau des océans de l'ordre de 50 cm en 2100. Ce qui pourrait provoquer des changements considérables pour l'humanité. (**IPCC report 2007**).

A l'instar de plusieurs littoraux du globe, la côte algérienne est plus que jamais exposée à ce problème, lequel pouvant survenir aussi bien progressivement que subitement. Dans le premier cas, il s'agit de l'élévation contemporaine du niveau de la mer induite par le réchauffement climatique. Quant au second cas, l'élévation du niveau de la mer peut se produire subitement et générer des inondations littorales pouvant submerger soudainement le littoral et causer de grandes pertes humaines et matérielles (**RASMER. 2010**). Ces inondations sont souvent accrues suite à la destruction du cordon dunaire, de l'occupation anarchique de la bande côtière dynamique, de l'extraction des sédiments offshore et des oueds exoréiques... etc.) (**RASMER. 2010**).

En ce qui concerne le niveau de la mer Méditerranée. Celui-ci, augmente de 2,5 à 10 millimètres par an depuis les années 1990 et si la tendance se poursuit, il pourrait augmenter de 12,5 à 50 centimètres dans les 50 prochaines années (**Instituto Espanol de Oceanografia, 2008**).

La meilleure compréhension des variations progressives (lentes) ou subites du niveau de la mer passe essentiellement par la donnée marégraphique. Celle-ci, obtenue par des marégraphes, est ensuite traitée et auscultée pour extraire toutes les ondes ayant des fréquences inférieures à  $f = \text{min}^{-1}$  et pouvant provoquer et/ou accentuer la hausse du niveau de la mer.

Il est important de souligner que l'attribution exclusive de la marée au marégraphe est lacuneuse ; le marégraphe, notamment quand celui-ci a une haute fréquence de mesures  $f = \text{min}^{-1}$ , peut mesurer toutes les oscillations marines ayant une fréquence inférieure à  $f = \text{min}^{-1}$  à savoir les marées, les tsunamis, les météotsunamis et seiches...etc.

L'objectif de ce travail est de montrer l'importance des marégraphes à haute fréquence de mesures  $f = \text{min}^{-1}$ . A ce propos, nous avons pu obtenir des données du niveau de la mer et ce, grâce au programme du Comité Intergouvernemental Océanographique (*IOC*) qui met en ligne plusieurs données marégraphiques disponibles dans leur réseau, où les usages à but scientifique sont autorisés sans permission préalable.

En ce qui concerne l'agencement de notre travail, nous allons dans un premier temps aborder les différentes oscillations marines pouvant être détectées par les marégraphes (Chapitre I).

Le chapitre II sera consacré à la description des marégraphes et de leur historique.

En ce qui concerne le chapitre III. Celui-ci, montrera la méthodologie adoptée dans notre travail pour l'analyse du signal du niveau de la mer obtenu par le marégraphe.

Et dans le chapitre IV, nous présenterons les résultats obtenus après le traitement du signal marégraphique. Enfin, nous terminerons par une conclusion générale où nous évoquerons nos recommandations.

# ETUDE DU NIVEAU DE LA MER

## I. Etude du niveau de la mer

L'étude du niveau de la mer est d'une importance capitale pour la compréhension de certains phénomènes responsables ou amplifiant la hausse soudaine du niveau de la mer. Cette dernière peut se produire aussi bien lors des événements météorologiques que par les tsunamis. Parmi les oscillations responsables de l'élévation subite du niveau de la mer nous citons :

### I.1. - Les ondes infragravitaires :

Les ondes *infragravitaires* ont une période comprise entre 20 secondes et 5 minutes apparaissent lors des événements météorologiques de forte agitation (**Hemdane, 2006**). **Symonds et al (1982)** ont émis l'hypothèse de génération des vagues infragravitaires par le battement du point du déferlement. Cependant, l'idée la plus répandue reste celle des vagues liées qui seraient dues aux variations des tensions de radiation en phase avec les groupes d'ondes (**Longuet et Stewart, 1964**).

### I-2- Les météotsunamis et les seiches :

Ce sont des vagues longues qui sont générées par des perturbations atmosphériques. Leurs fréquences sont comprises dans la même bande spectrale que celle des vagues de tsunamis.

### I-3- Les surcotes marines :

Lors des tempêtes, en raison d'une pression barométrique plus élevée au large, le niveau de la mer s'élève sur la côte. Cette élévation peut être accrue par la marée et l'empilement des vagues de tempêtes (**RASMER 2010**)

### I-4- Les tsunamis :

Un tsunami est étymologiquement une vague arrivant dans un port (du japonais *tsu* : port et *nami* : vague). Ils peuvent avoir plusieurs origines comme les séismes côtiers et sous-marins, les glissements de terrains, les éruptions volcaniques sous-marins, la chute d'un météorite etc.

A l'approche des côtes les vagues de tsunami sont ralenties par le fond, l'énergie cinétique diminue et l'énergie potentielle augmente et la hauteur de la vague peut atteindre plusieurs dizaines de mètres (Fig. n°1).

Le dernier tsunami qu'a connu l'Algérie est celui qui a été généré au large de la côte de Boumerdès, lors du séisme du 21 mai 2003. Quelques minutes après le séisme du 21 mai 2003 de Boumerdès, les habitants ont assisté à un phénomène spectaculaire de retrait progressif de la mer d'environ 300 m pour revenir, après quelques minutes, un peu au-dessous de son niveau initial (**RASMER 2010**).

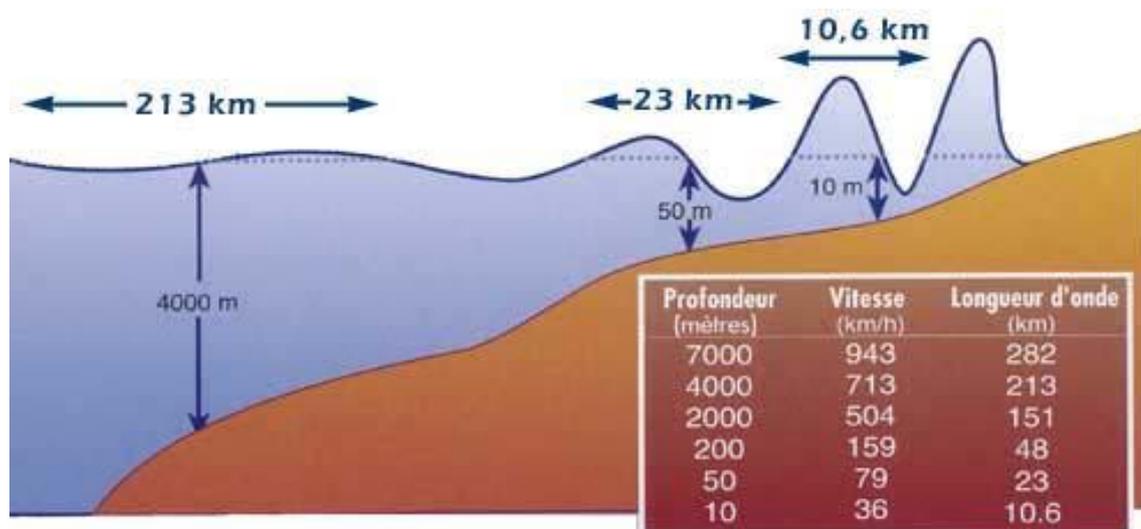


Figure 1 : Tsunami, brochure réalisée dans le cadre d'un groupe de travail auquel ont participé le Centre International d'Information sur les Tsunamis, le NOAA, le National Weather Service, le Laboratoire de Géophysique du CEA, la Commission Océanographique intergouvernementale (UNESCO/COI).

**I-5- La marée : (SHOM).**

La marée est la variation du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil, astres dont les mouvements peuvent être calculés avec précision sur des périodes de plusieurs centaines, voire de plusieurs milliers d'années. Ces mouvements produisent des variations de hauteur d'eau. Il est cependant légitime de s'intéresser à ces variations en effectuant des mesures régulières (Fig. n°2).

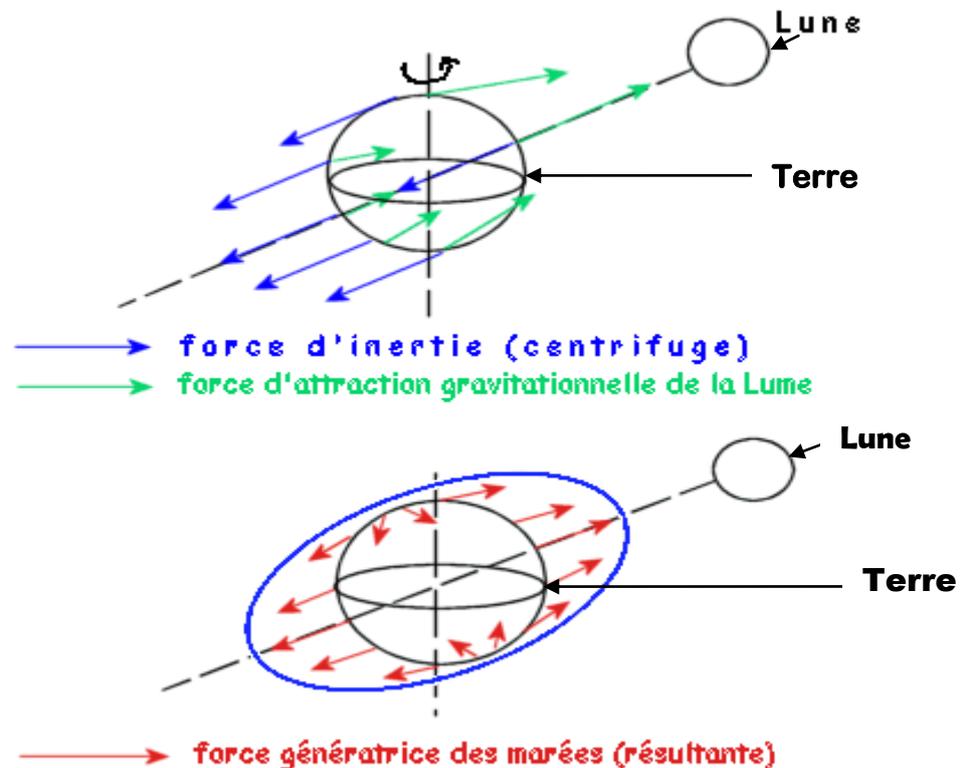


Figure 2 : Schéma descriptif des marées.

La Méditerranée est connue pour la faiblesse de ses marées, et pourtant ces marées existent bel et bien et engendrent en moyenne des variations de 40 cm mais qui sont souvent masquées par les conditions atmosphériques, quand la pression atmosphérique est plus grande que la moyenne, elle réduit l'effet de la marée jusqu'à la rendre invisible. On observe ainsi des régions d'amplification de la marée où le marnage atteint des valeurs importantes de près de 2 mètres dans le golf de Gabès (Tunisie). (CNES : Centre National d'Etudes Spatiales en France, Octobre 1999).

*Toutes les oscillations que nous venons d'évoquer peuvent être observées à partir d'un instrument appelé Marégraphe que nous allons détailler dans le chapitre suivant.*

# Les marégraphes

## II. Les marégraphes

### II-1 Définition :

Le marégraphe est un instrument qui permet de déterminer les fluctuations du niveau de la mer. Initialement, il était destiné à mesurer les oscillations de la marée. Cependant, il peut détecter toutes les oscillations de basses fréquences non-tidales comme les tsunamis, les seiches etc.

### II-2 Historique : (Woppelmann, 1998)

C'est la navigation qui va pousser l'homme à s'intéresser de près à l'observation des variations du niveau de la mer. Les premières traces de prévision des marées connues remontent à la dynastie Tang en l'an 770. Elles sont donc d'origine chinoise et ont été découvertes à Hangzhou. Les pleines et basses mers en fonction des différentes phases de la lune sont inscrites sur des tables. Le commerce maritime se développant de plus en plus, l'homme va élaborer des techniques de mesures plus précises afin de suivre les fluctuations du niveau des mers. Il va commencer par installer des échelles graduées (échelle de marée) près des ports, puis des appareils de mesure à capteur de pression ou à émetteur d'ondes acoustiques, pour aboutir à l'utilisation des satellites.

Au début du 18<sup>ème</sup> siècle on utilisait les échelles graduées dites échelles de marée qui fournissaient les premières données exploitées.

Vers le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle apparaît le marégraphe mécanique (à flotteur), c'est à l'ingénieur hydrographe français **Chazallon** a qui l'on doit l'invention et la mise au point de ce système. Celui-ci permet d'obtenir un enregistrement généralement journalier sous forme de rouleau de papier appelé marégramme, dont la courbe de marée représente les hauteurs d'eau en fonction du temps. De nombreux modèles vont être développés suivant ce principe à travers le monde.

### II-3 Types de marégraphes :

Nous présentons ci-après une synthèse des différents types de marégraphes obtenue à partir des documents du Shom.fr.

#### II-3-1 Les marégraphes analogiques :

Ce sont essentiellement des marégraphes à flotteur. On utilise le marégramme comme méthode d'enregistrement qui est un graphe de la hauteur en fonction du temps.

Le marégraphe à flotteur est constitué :

- d'un stylet sur un marégramme enroulé sur un tambour tournant entraîné par un système d'horlogerie qui fait un tour en un jour ou un tour en une semaine.
- d'un flotteur suspendu par un fil d'acier souple qui passe sur une grande poulie et il est équilibré par un contrepoids.

Quand le flotteur subit les variations de hauteur, celles-ci sont transmises via le système de poulie qui excite le stylet qui marque la hauteur sur le marégramme. Ce dernier est donc rapporté sur un axe horizontal gradué en heures et un axe vertical gradué en mètres (Fig. n°3).

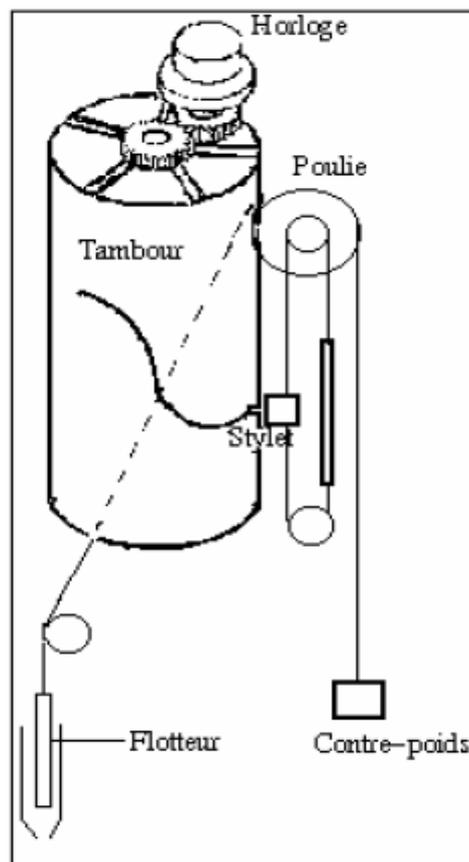


Figure n°3 : Principe d'un marégraphe à flotteur.

### II-3-2 Les marégraphes numériques :

#### - Les marégraphes à capteur de pression.

Le marégraphe à capteur de pression est un appareil immergé placé au fond de l'eau dans une cage lestée. Le capteur de pression est constitué par un quartz qui fonctionne par effet piézo-électrique, dont la fréquence varie en fonction de la pression et de la température interne du marégraphe.

La pression mesurée par le capteur est la somme de la pression atmosphérique et de la pression due au poids de la colonne d'eau (Fig. n° 4).

La variation de la colonne d'eau correspond à la marée observée. La valeur de fréquence émise par le quartz est traduite en une valeur de pression selon un procédé classique en électronique.

En éliminant alors la pression atmosphérique et en reliant la pression restante à la hauteur de la colonne d'eau on aura la valeur de la variation du niveau de la mer (Fig. n°4).

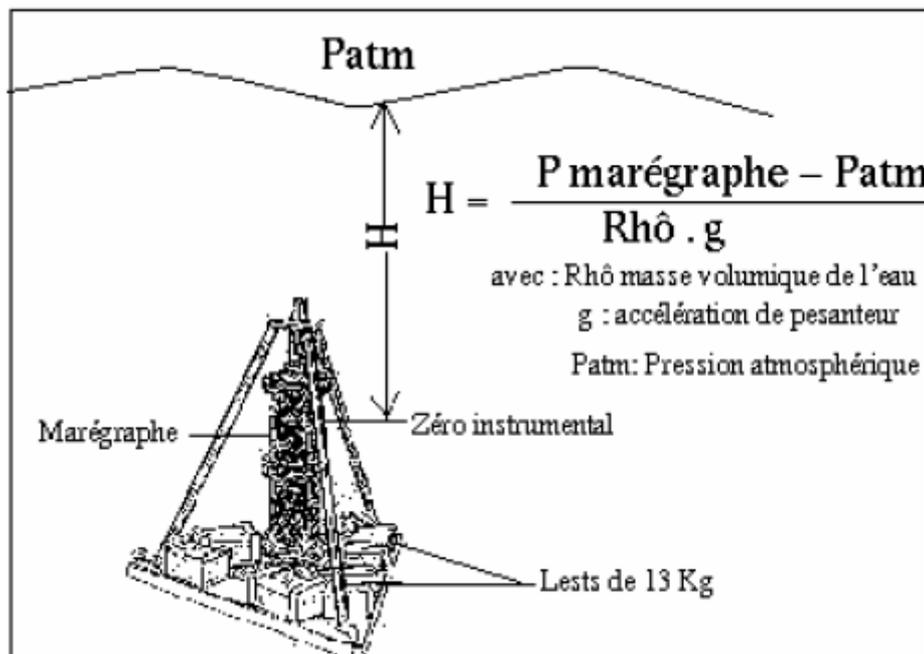


Figure n°4 : Principe de mesure d'un marégraphe à capteur de pression.

Les marégraphes à capteur de pression présentent un avantage qui est d'éviter d'importantes infrastructures et de réaliser des mesures au large.

- Les marégraphes côtiers numériques : (MCN)

Les marégraphes numériques côtiers fonctionnent par un principe d'émission-réception d'ondes acoustiques (40-50 kHz ou radar (> 1 GHz)). Un transducteur est placé au dessus de la surface de l'eau, il émet une impulsion et capte le signal réfléchi. Le temps écoulé entre l'émission et la réception du signal est traduit en hauteur de la colonne d'eau. Le transducteur effectue plusieurs mesures périodiquement puis les mesures sont moyennées afin de limiter les effets de la houle ou du clapot (Fig. n°5).

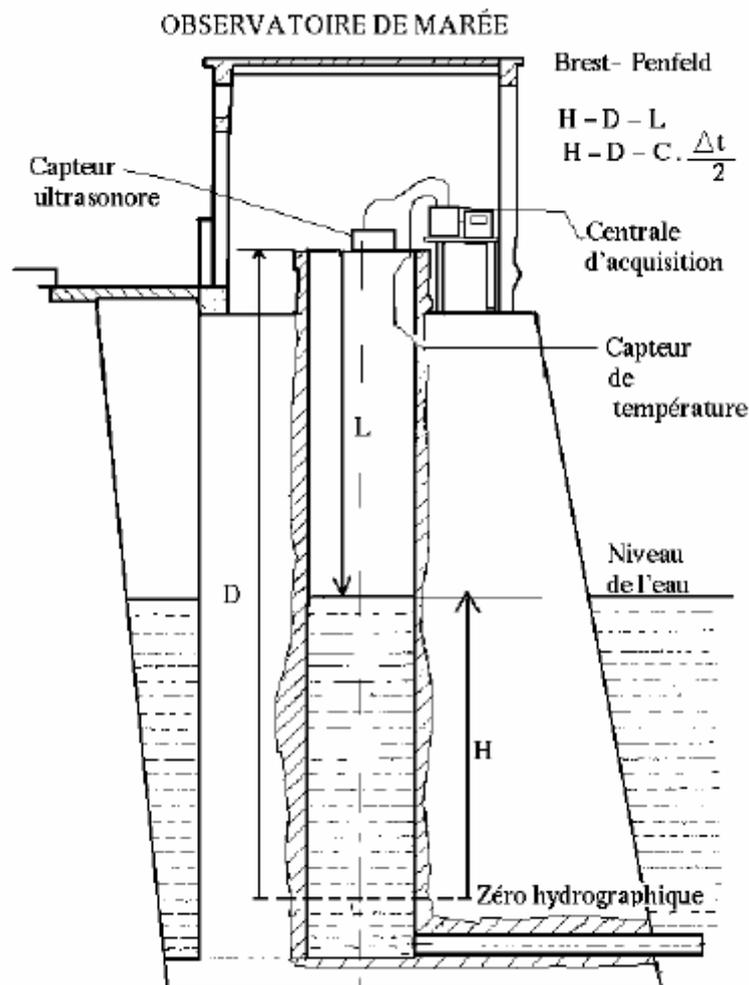


Figure n°5 : Marégraphe numérique à ultrason.

**ANALYSE D'UN  
EXEMPLE D'UN  
SIGNAL DU NIVEAU DE  
LA MER ISSU DU  
RESEAU DE L'IOC**

### III. ANALYSE D'UN EXEMPLE D'UN SIGNAL DU NIVEAU DE LA MER ISSU DU RESEAU DE L'IOC

#### III.1 Source des données :

Afin de montrer l'importance d'un marégraphe à haute fréquence de mesures  $f=\text{min}^{-1}$ , nous avons utilisé les données temporels du niveau de la mer (signal marégraphique) fournies par le site web *Sea Level Facility* du programme du Comité Intergouvernemental Océanographique (IOC) (Fig. n°6 et Fig. n°7).

L'objectif de ce service est de :

- fournir des informations sur l'état opérationnel des réseaux mondiaux et régionaux
- fournir un service d'affichage pour une inspection rapide du flux de données brutes provenant des stations individuelles.

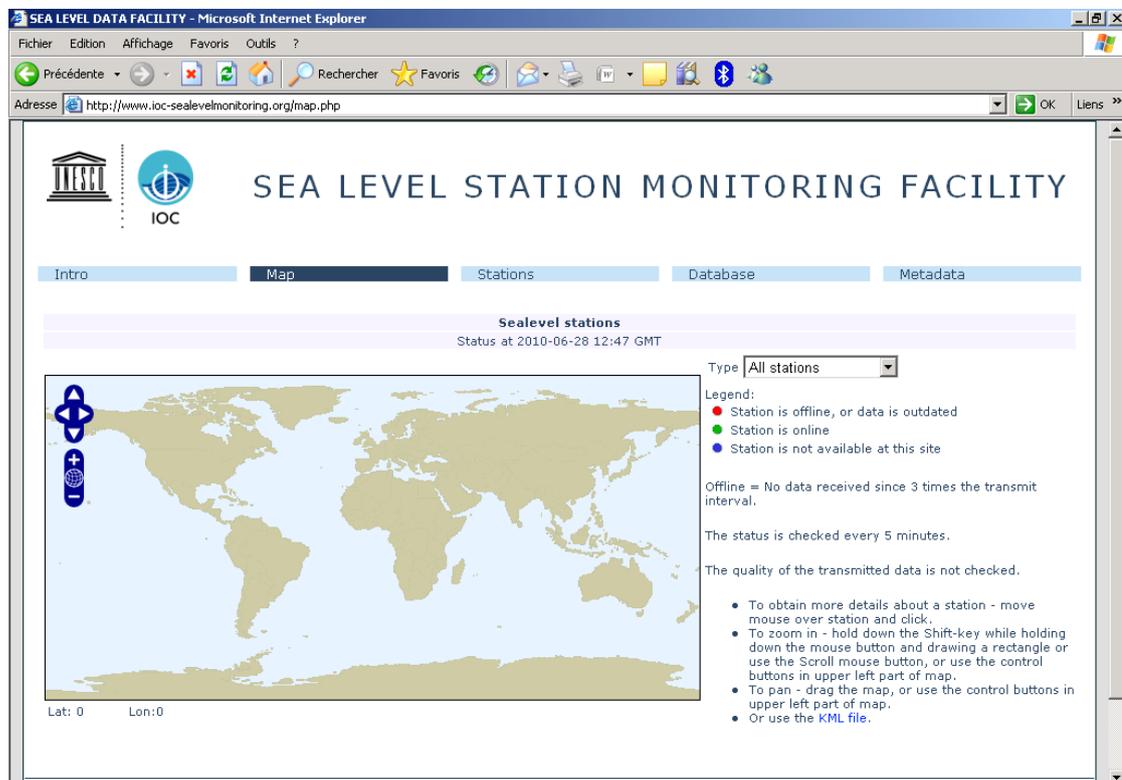


Figure 6 : Présentation du site web de *sea level facility*.

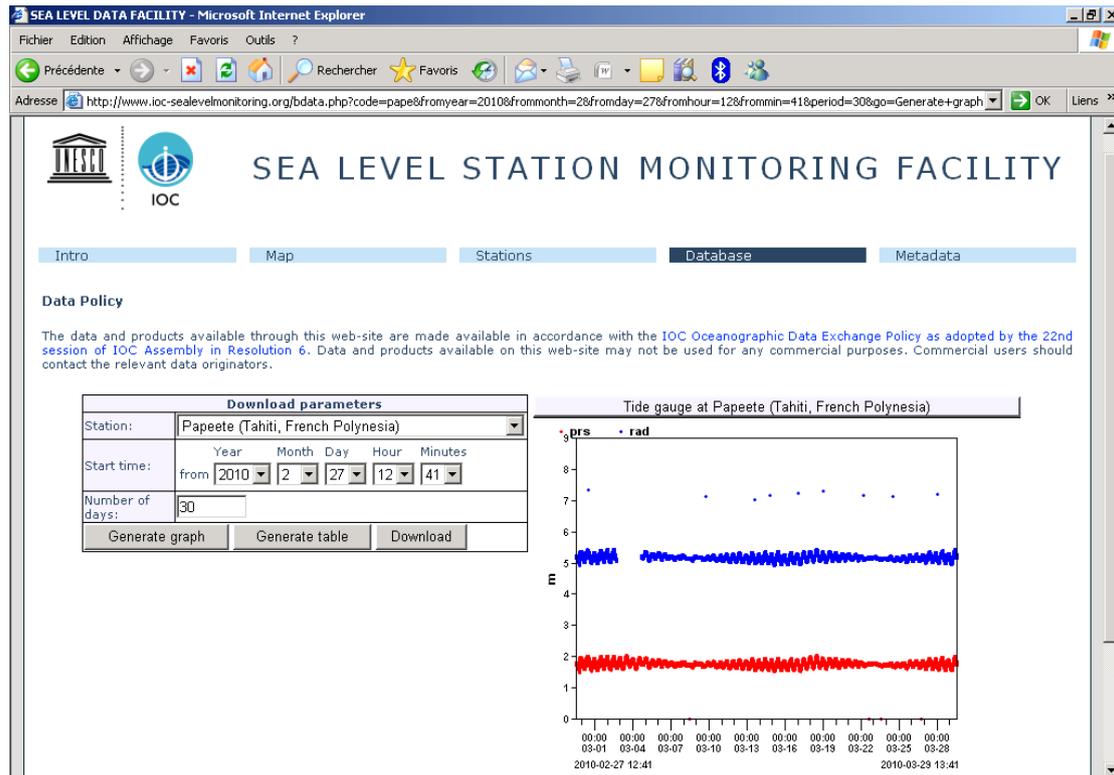


Figure 7 : Les données du marégraphe de Papeete sur une durée d'un mois concluant le tsunami.

### III.1.1 Choix de la station marégraphique et de la période de mesures:

Disposant de plusieurs stations marégraphiques accessibles par internet, le site de l'IOC permet de choisir la station voulue à condition que celle-ci soit comprise dans son réseau. A ce propos, nous avons opté pour la station de l'Ile de Papeete de la région de la Polynésie française de période comprise entre 21/02/2010 et 08/03/2010 (Fig. n°8).

Le choix de cette station est soutenu par le tremblement de terre qu'a connu cette région le 26 Février 2010 lequel a été suivi par un tsunami.

Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

Latitude :  $17^{\circ} 32' 16''$  Sud et

Longitude :  $149^{\circ} 34' 11''$  Ouest.

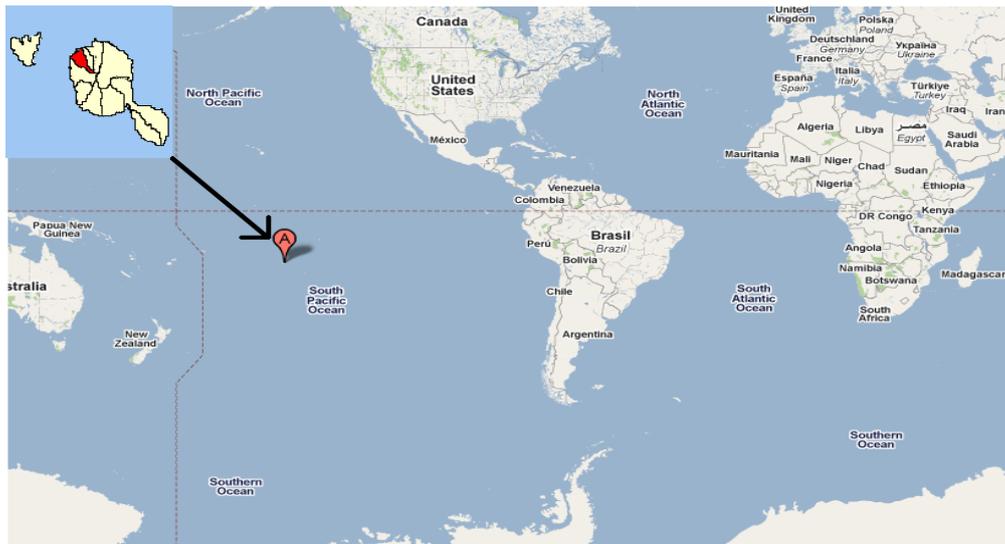


Figure 8 : Localisation géographique de Papeete.

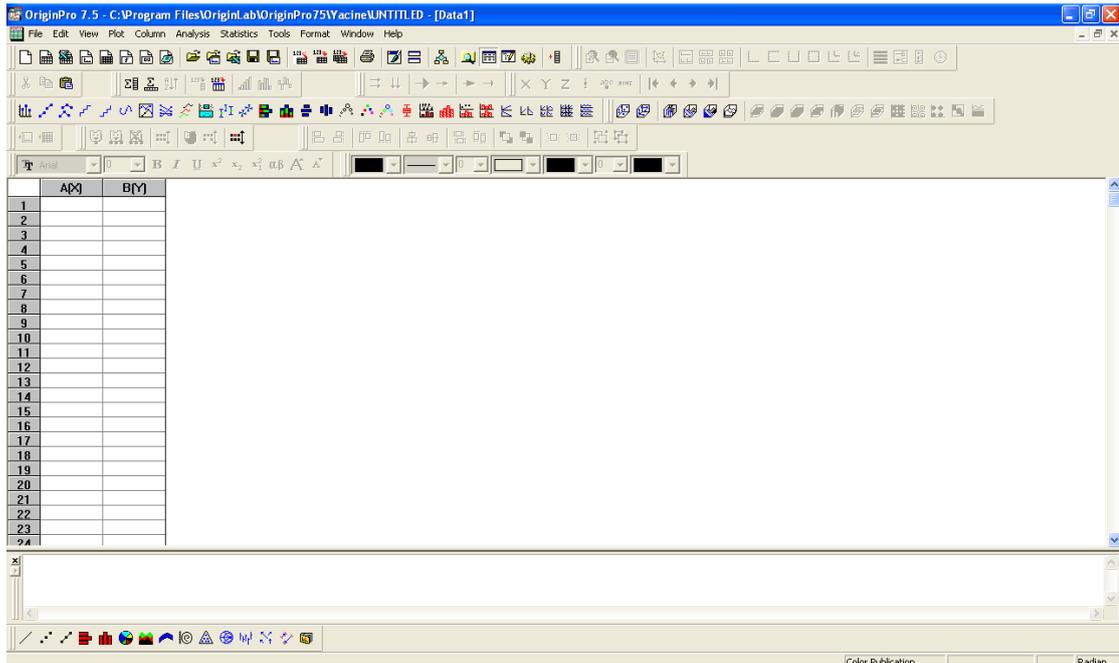
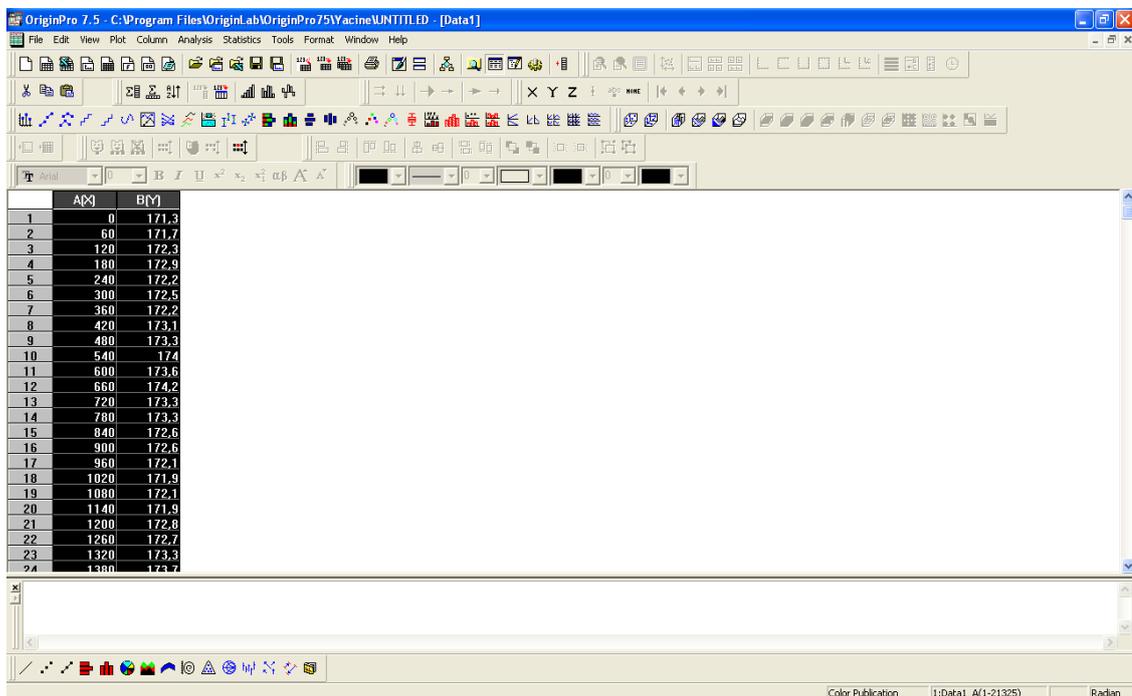
### III.2 Méthodologie appliquée pour l'analyse du signal marégraphique

Les données numériques du marégraphe de *Papeete* sont récupérées via un copié/collé sur un fichier Excel téléchargé depuis le site de l'*IOC*. Ensuite, nous avons utilisé le logiciel *ORIGIN Lab* pour le traitement des données numériques lequel est très adapté pour le traitement du signal temporel (Fig. n°9).

En premier lieu, nous avons copié les données numériques sur *ORIGIN Lab* ; le temps est en secondes sur l'axe des X et les hauteurs des niveaux de la mer sur l'axe des Y sont représentées en cm (Fig. n°10).

Après qu'on a obtenu le graphe du signal brut, on procède à l'analyse de ce dernier. En premier lieu, nous avons analysé le signal par FFT (*Fast Fourier Transform*) (Fig. n°11). Puis, nous avons procédé à opérer des filtres à *band pass* (bande passante) (Fig. n°12 et Fig. n°13).

La première opération conduit à obtenir le spectre des amplitudes des fréquences. Elle permet de mieux appréhender le signal temporel complexe après lui avoir appliqué un *Fast Fourier Transform*. Quant à la seconde opération (filtres). Celle-ci, va nous aider à isoler les différentes ondes ayant des origines différentes comme la marée et le tsunami. Pour ce faire, nous allons utiliser les résultats de la FFT qui montrent les différentes fréquences présentes dans le spectre. Celles-ci, sont ensuite utilisées dans le filtre de la bande passante d'*ORIGIN Lab*.

Figure 9 : Présentation du logiciel *ORIGIN Lab*.Figure 10 : Importation des données vers *ORIGIN Lab*.

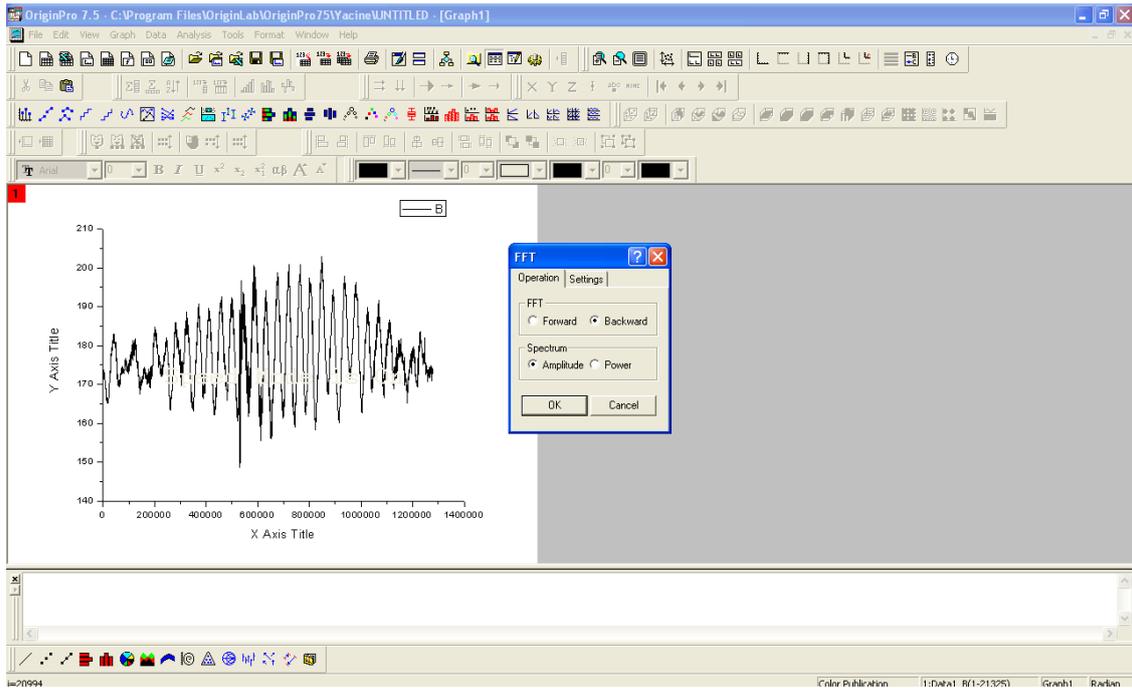


Figure 11 : Méthode d'analyse des graphes par FFT.

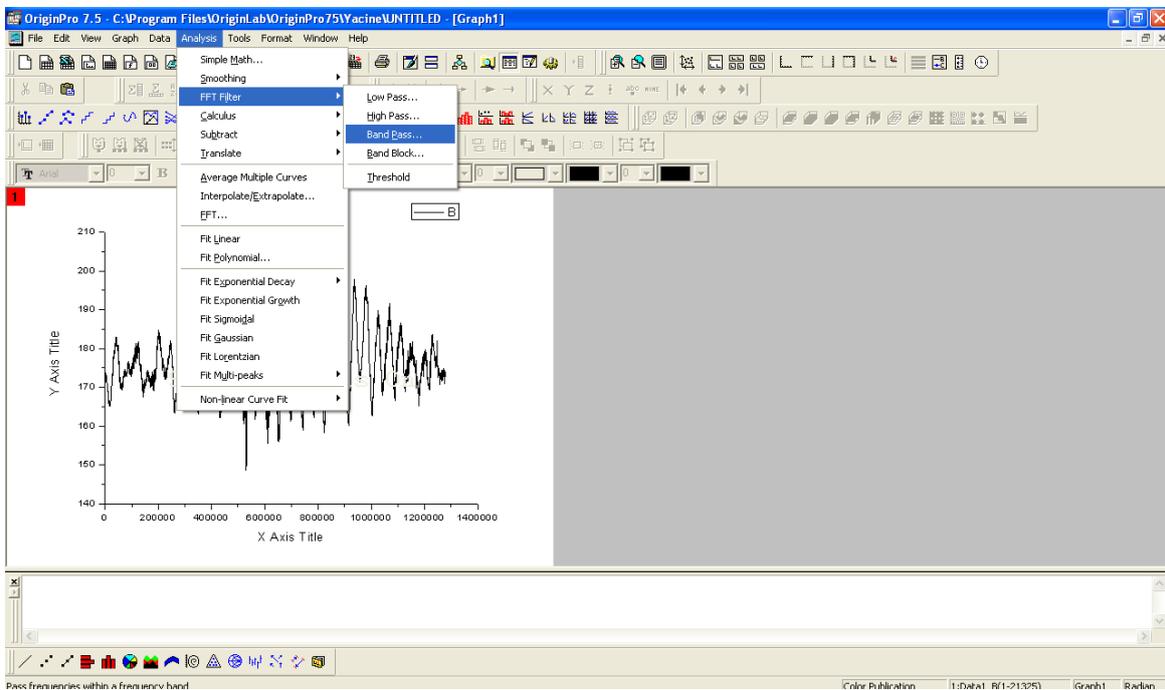


Figure 12 : Méthode d'analyse des graphes par FFT filtre.

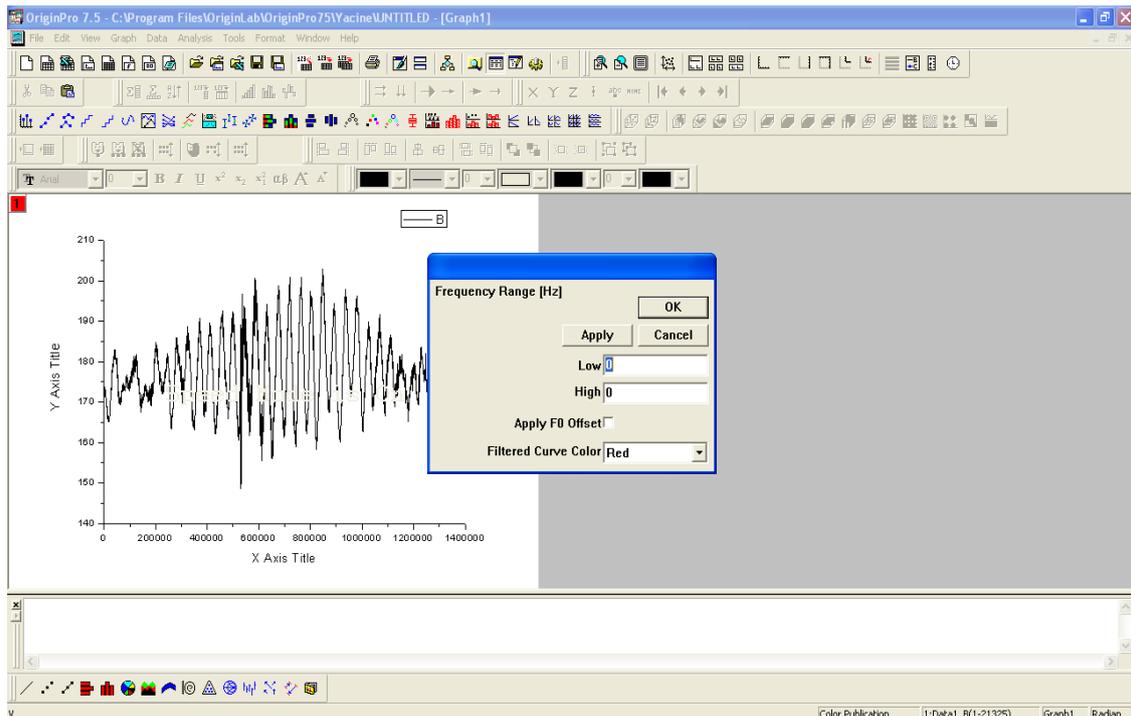


Figure 13 : Insertion des basses et hautes fréquences dans la bande passe.

### III-3- Résultats du traitement du signal du marégraphe de Papeete (entre le 21/02/2010 et 08/03/2010)

Nous présentons dans ce chapitre les résultats relatifs aux traitements appliqués au signal temporel du marégraphe de Papeete prélevé entre le 21/02/2010 et 08/03/2010. A titre de rappel, pendant cette période la région de la Polynésie Française a connu un séisme qui a généré des vagues de tsunami qui se sont propagées et déferlées dans la région (Fig. n°14).

Sur la figure n° 14, nous observons au moment du séisme (26/02/2010) l'apparition de vagues ayant une fréquence plus importante que celle de la marée (rectangle rose sur la figure n° 14)

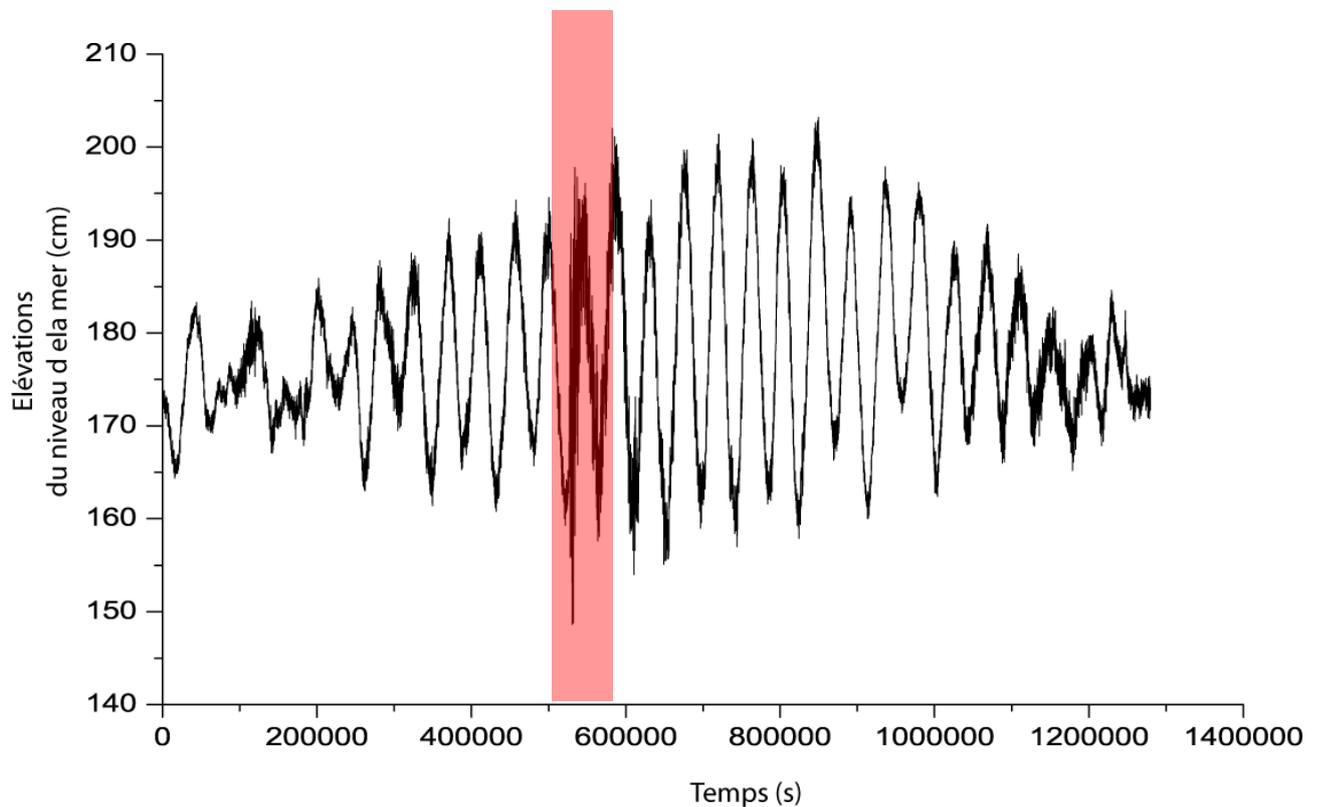


Figure 14 : Signal brut temporel du marégraphe de Papeete prélevé entre le 21/02/2010 et 08/03/2010. Rectangle rose : vagues de tsunami du 26/02/2010 perturbant le signal de la marée

### III-3-1- Résultats de l'application de la FFT sur le signal temporel du marégraphe de Papeete (entre le 21/02/2010 et 08/03/2010)

La figure ci-après (Fig. n°15) montre les résultats des amplitudes des fréquences observées de toutes les ondes ayant une fréquence inférieure à 0.016 Hz (de périodes supérieures à 1 min). L'observation sommaire de cette figure renseigne sur la présence de deux gammes fréquentielles relatives à la marée et au tsunami, ayant respectivement les fréquences d'environ 0.000012 Hz et 0.001 Hz.

L'amplitude des fréquences est donnée par :

$$\text{Amplitude} = \frac{\sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}}{n}$$

Avec :

$\text{Re}$  : partie réelle du nombre complexe

$\text{Im}$  : partie imaginaire du nombre complexe

$n$  : nombre de points (échantillons)

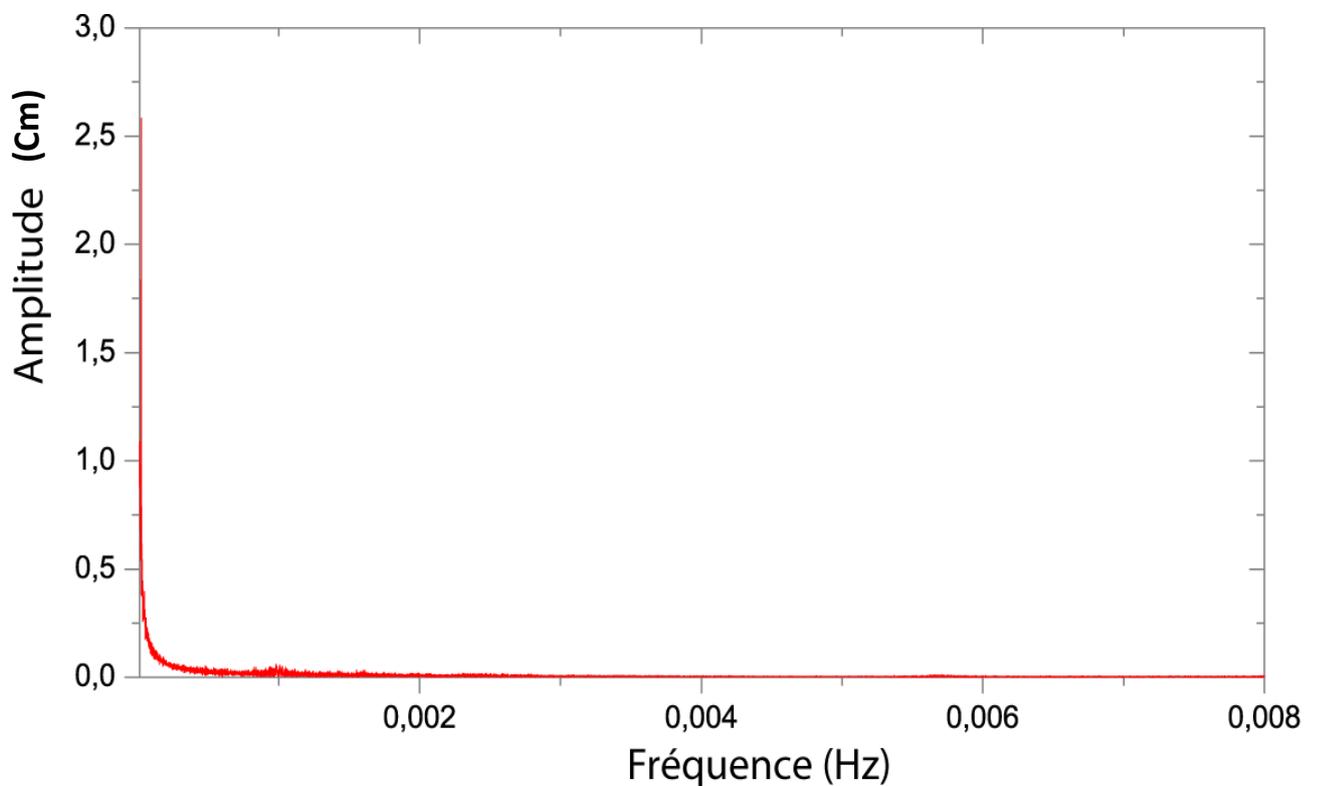


Figure 15 : Les amplitudes des fréquences du signal global

La figure suivante (Fig. n°16) concerne les amplitudes des fréquences relatives à la marée (périodes entre 5h et 24 h). Les résultats montrent un pic fréquentiel compris entre 0.000022 et 0.000025 Hz qui correspondent aux périodes de marée avoisinant 12 h (rectangle gris Fig. n°16).

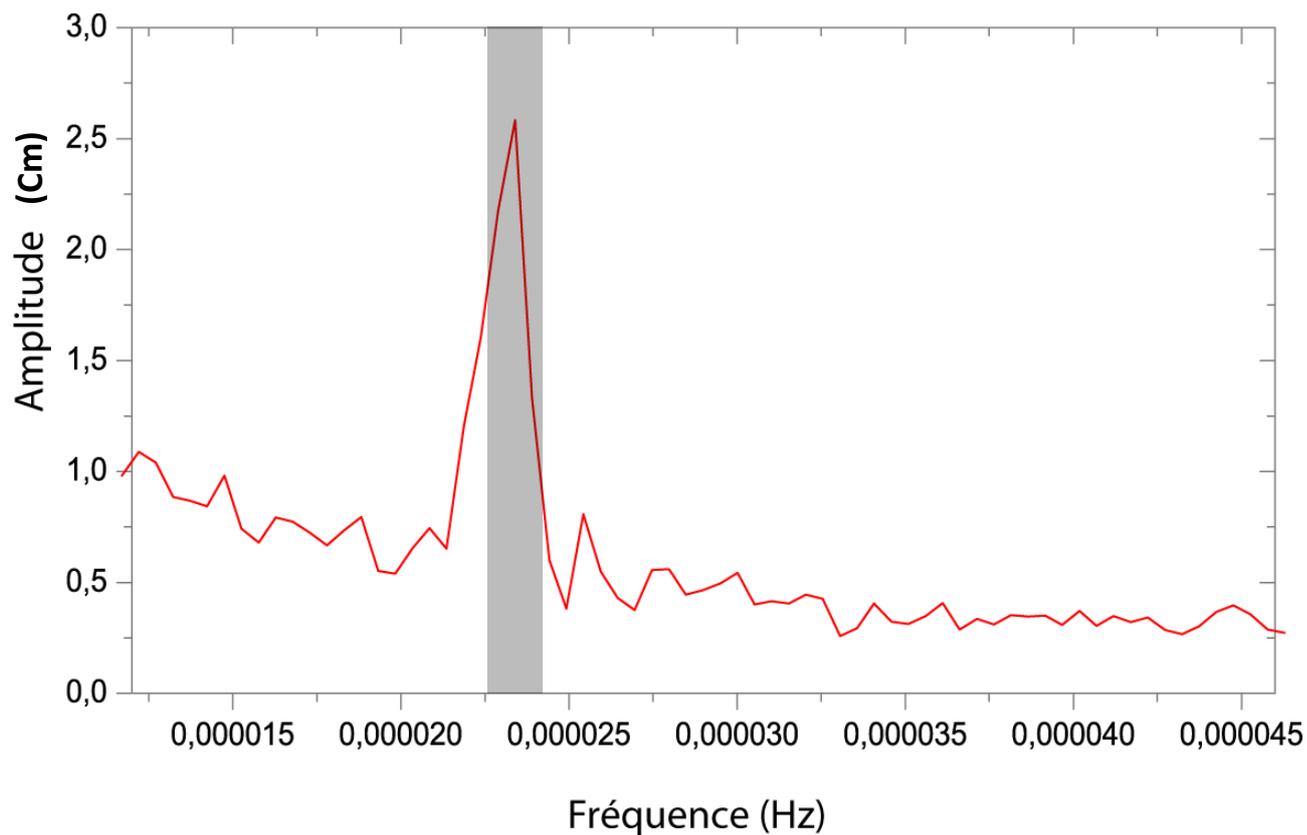


Figure 16 : Les amplitudes des fréquences relatives à la marée (périodes entre 5h et 24 h).

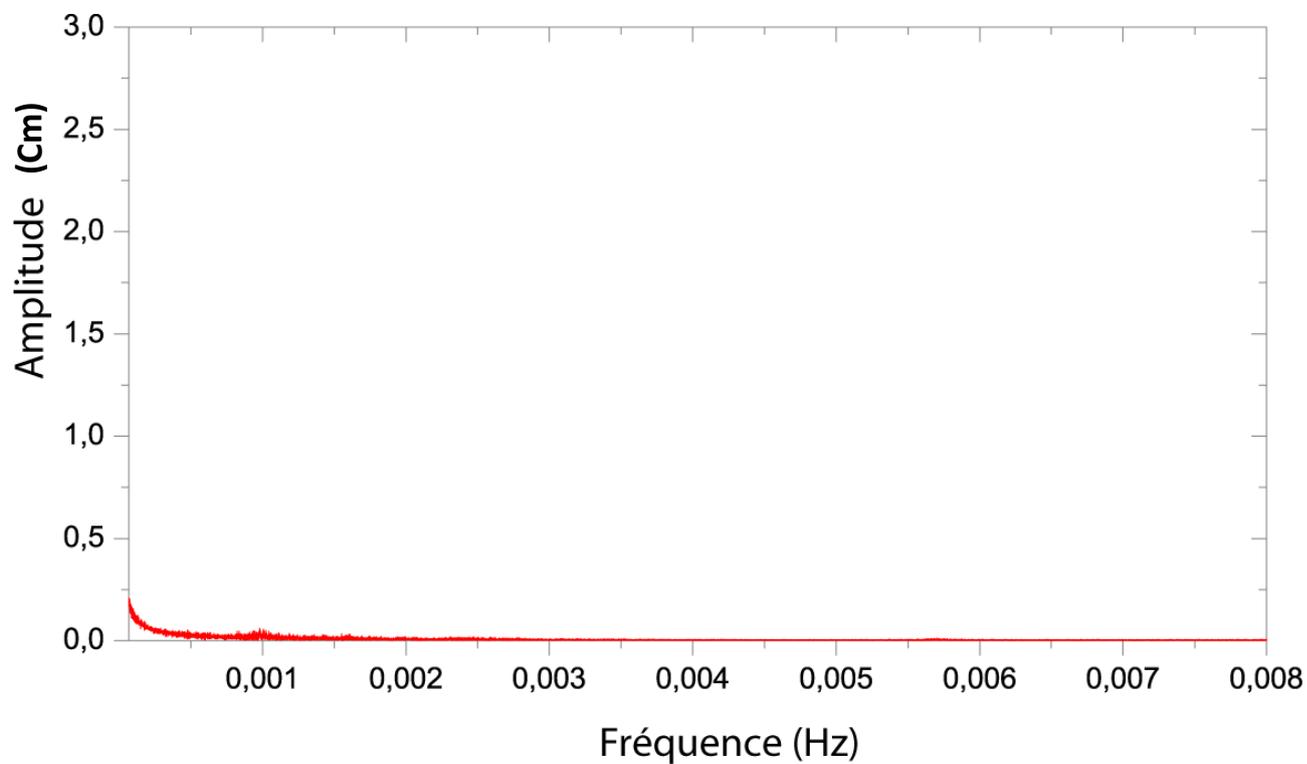


Figure 17 : Les amplitudes des fréquences relatives aux vagues de tsunami (périodes entre 2 min et 4 h).

Les figures n° 17 et 18 montrent les amplitudes des fréquences obtenues dans la gamme fréquentielle des tsunamis. L'observation des détails de ces amplitudes montrent quatre pics fréquentiels qui seraient imputables aux vagues du tsunami de Papeete du 26/02/2010 (Fig. n°18).

Ces fréquences à amplitudes disparates vont de 0.000069 Hz à 0.006 Hz. Les fréquences les plus énergiques appariassent dans les basses fréquences de la gamme fréquentielle allant de 0.000069 Hz à 0.008 Hz). A ce propos, en l'absence des données météorologiques, il est difficile d'attribuer toutes ces énergies au tsunami et ce, en raison de la gamme fréquentielle des météotsunamis qui s'apparente à celle des tsunamis.

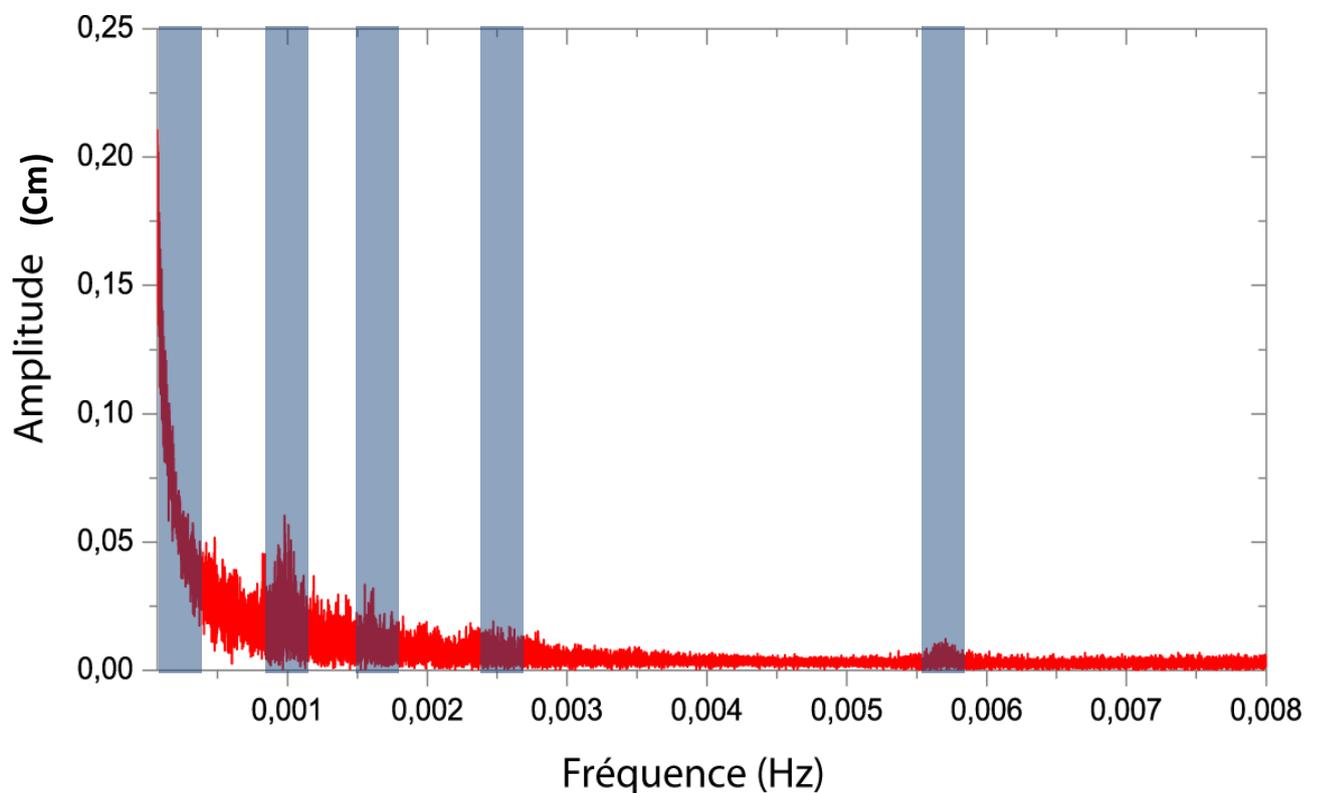


Figure 18 : Détails des amplitudes des fréquences relatives aux vagues de tsunami (périodes entre 2 min et 4 h).

### III-3-2- Résultats de l'application des filtres *band pass* sur le signal temporel du marégraphe de Papeete (entre le 21/02/2010 et 08/03/2010)

L'application du filtre *band pass* (bande passante) appliqué entre 6 h et 24 h montre clairement l'onde tidale (de la marée) ayant une période d'environ 12 h. L'observation détaillée des deux signaux - brut et de la marée isolée - montre que pendant l'événement du séisme du 26/02/2010, des vagues non-tidales se sont confondues avec celles de la marée. Quant au marnage maximal observé pour cet échantillon de marée est d'environ 50 cm (Fig. n°19).

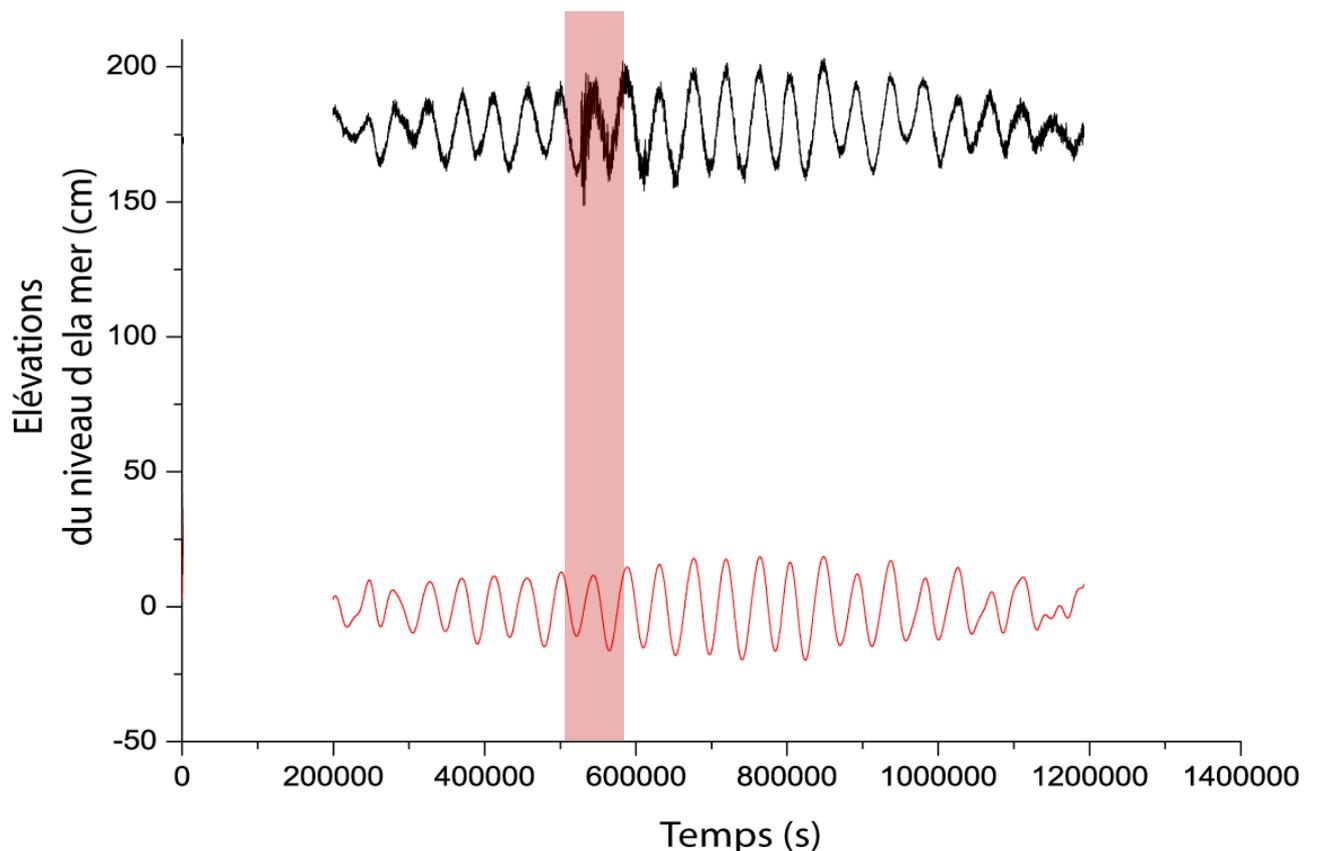


Figure 19 : Résultats du filtre *band pass* entre 6 h et 24 h ; isolation de la marée (trait rouge).  
Rectangle rose : moment du tsunami du 26/02/2010

La figure suivante met en évidence les vagues du tsunami du 26/02/2010 qui se sont propagées et déferlées sur les côtes de la région de la Polynésie française (Fig. n°20). L'application du filtre *band pass* opérée pour la bande passante comprise entre 0.000069 Hz et 0.016 Hz montre clairement les vagues de tsunami ayant des hauteurs maximales avoisinant 1 m.

Par ailleurs, nous observons également que même après l'événement sismique du 26/02/2010, des ondes longues, ayant vraisemblablement des fréquences proches de celles du tsunami, continuent à apparaître (28/02/2010) (Rectangle bleu Fig. n°20). Celles-ci, seraient induites par les conditions météorologiques.

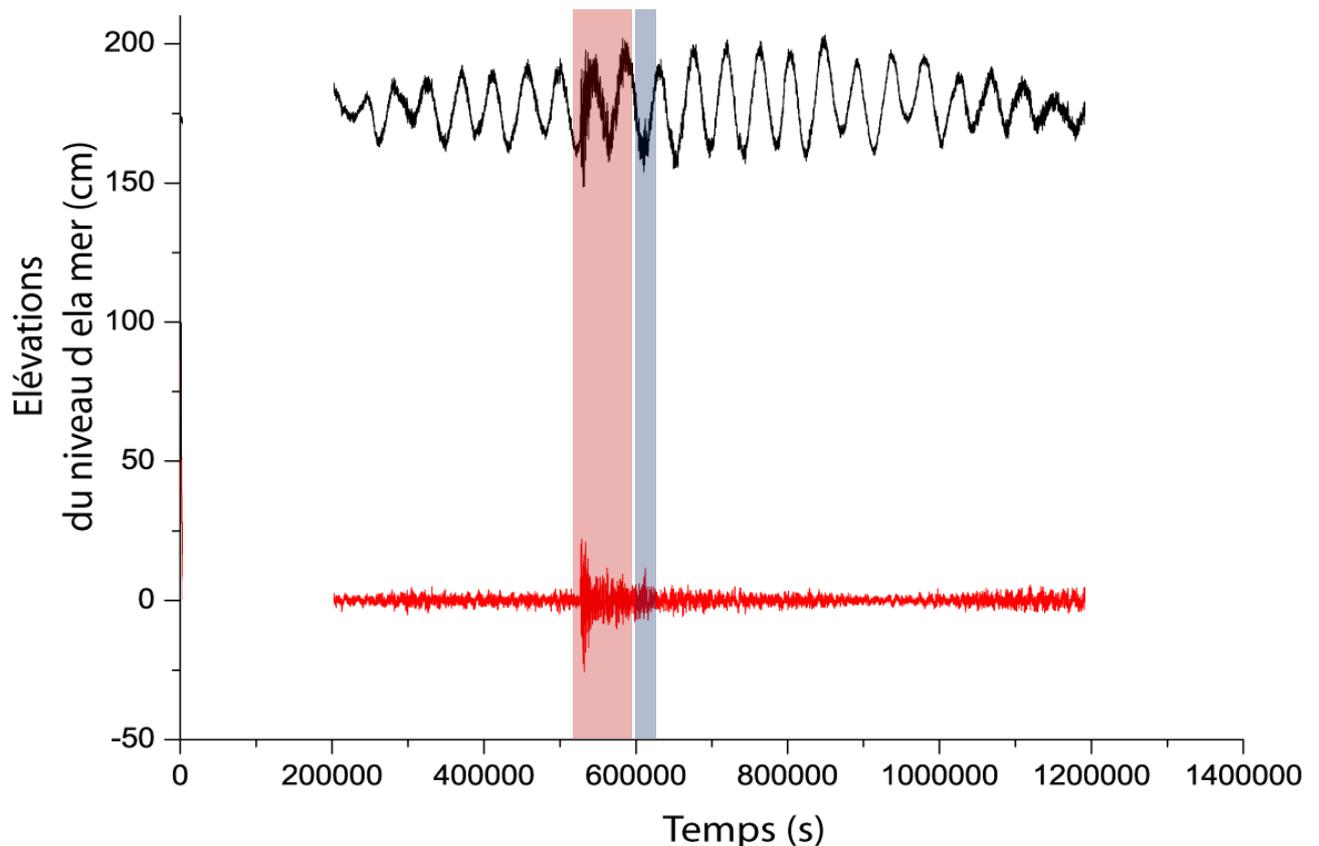


Figure 20 : Résultats du filtre *band pass* entre 2 min 4 h ; isolation de la marée (trait rouge). Rectangle rose : moment du tsunami du 26/02/2010. Rectangle bleu : 28/02/2010

## Conclusion générale

A l'issu de ce travail qui concerne l'analyse d'un signal au niveau de la mer perturbé par un événement tsunamigénique où nous avons analysé un signal marégraphique mesuré par les marégraphes du réseau de l'IOC. Nous avons mis en évidence l'importance d'une infrastructure de marégraphes à haute fréquence de mesures  $f = \text{min}^{-1}$ .

Nous avons montré qu'en plus de la détection de l'onde tidale (marée), le marégraphe à haute fréquence de mesures  $f = \text{min}^{-1}$  peut détecter toutes les oscillations marines ayant des fréquences inférieures à 0.016 Hz (inférieures à la fréquence de mesures). Celles-ci, sont d'une extrême importance dans la hausse subite du niveau de la mer.

Notre méthodologie basée sur l'analyse du signal par FFT (*Fast Fourier Transform*) et l'opération par des filtres *band pass* a permis de déceler des ondes longues non-tidales (tsunami) qui se sont confondues dans le signal brut du niveau de la mer.

Aussi, notre travail a mis l'hypothèse d'une potentielle présence d'ondes longues pouvant avoir des fréquences comparables à celles des tsunamis. Cependant, en l'absence de données météorologiques, il a été difficile pour nous de conclure quant à l'origine de ces vagues.

Dans ce travail, nous nous sommes exclusivement intéressés à la hausse soudaine du niveau de la mer. Et dans l'exemple traité, nous avons démontré comment des vagues de tsunami peuvent générer des hausses soudaines du niveau de la mer. Celles-ci, en se coïncidant avec une potentielle surcote marine et une marée importante (même pour les littoraux à faibles marées), peuvent causer des inondations littorales pouvant être irréversibles notamment sur les côtes basses.

Par conséquent, nous recommandons pour notre pays une infrastructure de marégraphes à haute fréquence de mesures  $f = \text{min}^{-1}$ , et ce, sur le long de notre linéaire côtier. A ce propos, des stations côtières peuvent être projetées sur certains endroits de notre littoral. Le choix de la localisation des stations de cette infrastructure doit être soumis à une étude préalable. Toutefois, il serait prudent d'installer dans chaque station un marégraphe numérique et un autre analogique et ce, afin d'éviter les signaux incomplets.

**Bibliographie :**

**CNES** centre nationale d'études spatiales en France. Grande et petites marées en Méditerranée (Octobre 1999).

**Coastal engineering** Modelling infragravity motions on a rip-channel beach  
A.J.H. Reniers et al. / Coastal Engineering (2005)

**Coastal engineering** Destructive meteotsunamis along the eastern Adriatic coast: Overview  
I. Vilibic', J. Šepić' / Physics and Chemistry of the Earth 34 (2009) 904–917.

**Hemdane. Y. (2006).** Dynamique hydrosédimentaire de l'avant-côte d'un environnement macrotidal: Exemple du littoral du Nord-Pas-de-Calais. Mer Du Nord. *Thèse Doctorat*. Université du Littoral. 207 p.

**Hemdane Yacine, Garcia María Jesús (2006).** Analyse spectrale et temporelle des vagues du Tsunami mesurées dans les petits-fonds de Palma de Mallorca (Espagne) provoquées par le Tsunami du séisme du 21 mai 2003 généré sur la côte de Boumerdès. Alger. Algérie. (Proceeding, *International Workshop of Coastal Integrated Management GIZC*).

**Instituto Español de Oceanografía. 2008.** Changement climatique dans la Méditerranée, les questions océanographiques. Ministère de l'éducation et des sciences, 159p.

**IPCC climate change, 1996 :** The science of climate change. Contribution of working group / to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 572p.

**IPCC report 2007,** Intergovernmental Panel on Climate Change. Rapport d'activité de NIVMER: le suivi du niveau des mers dans l'océan Austral.

**Longuet-Higgins, M. S. and R. W. Stewart. (1964).** Radiation stresses in water waves; a physical discussion, with applications, *Deep-Sea Research*, 11, 529-562.

**RASMER 2010,** Réseau Algérien des Sciences de la Mer.

**SHOM:** Waves, Tides and shallow-water processes. Cours d'ultrasons de Mr B.Boubker.

**SHOM :** Mesures marégraphiques : guide technique du SHOM V 2.0 du 29/10/2002.

**Symonds, G., D. A. Huntley et A. J. Bowen. (1982).** Two-dimensional surf beat: Long wave generation by a time-varying breakpoint, *J. Geophys. Res.*, 87(C1), 492-498.

**Wöppelmann. G,** le rattachement géodésique des marégraphes dans un système de référence mondial par techniques de géodésie spatiale. Thèse de doctorat de l'observatoire de Paris (décembre 1998).

**Site internet :**

**[www.shom.fr](http://www.shom.fr)**

**[www.ioc-sealevelmonitoring.org](http://www.ioc-sealevelmonitoring.org)**

**[www.rasmer-dz.com](http://www.rasmer-dz.com)**

**[www.sonel.org](http://www.sonel.org)**