

ANALYSE HARMONIQUE DES ENREGISTREMENTS DE TYPE MAREE

Saad Hassouna¹; Mohamed Chagdali²; Ghita Mangoub¹

¹ Faculté des sciences et techniques de Settat ² Faculté des sciences Ben M'sik Casablanca LPPPC

Correspondance: hassouna.saad@gmail.com

Résumé : Ce travail présente une méthodologie d'analyse des harmoniques dans un enregistrement marégraphique ainsi que l'analyse des fluctuations résiduelles. Elle est basée sur l'acquisition des enregistrements: météorologiques et du niveau de la mer. La démarche générale consiste à nettoyer les enregistrements par des filtres appropriés avant d'effectuer l'analyse harmonique et l'analyse résiduelle des enregistrements filtrés. Une fois les principaux harmoniques contenus dans le signal localisés, ils seront projetés sur la base théorique de la marée. D'où l'identification directe des coefficients de la série d'ondes.

On analyse les avantages et les inconvénients de cette procédure en termes de temps de calcul et de la validité théorique de la démarche. Ensuite, on discute une autre démarche qui consiste à projeter la base théorique sur le signal filtré. Ce travail contient les résultats du code de calcul T-Tide [1].

1. Introduction

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 d'années.

Parmi les principaux de buts de l'étude des marées est la recherche des relations existantes entre le mouvement des astres et la réponse des océans à l'action de ces forces gravitationnelles afin d'établir des formules de prédiction.

À ces mouvements d'allure régulière se superposent des variations de hauteur d'eau d'origine météorologique, appelées surcotes/décotes dont l'étude relève essentiellement de méthodes statistiques. Une difficulté vient du fait que l'influence météorologique n'est pas purement aléatoire. On peut, par exemple y détecter des

cycles saisonniers dus aux variations annuelles des champs de pression atmosphérique ou des cycles diurnes provenant des vents thermiques. Ces signaux sont souvent difficiles à distinguer des signaux d'origine gravitationnelle car leurs périodes peuvent être identiques.

Comme tout phénomène quantifiable, l'étude des variations temporelles du niveau de la mer, dont la marée est une composante majeure, se prête bien à l'analyse spectrale par la transformée de Fourier. Le spectre de raie, on l'obtient à l'aide d'un algorithme rapide de la transformée de Fourier discrète (TFD).

Le spectre de la marée, est un mode de représentation de l'amplitude, ou l'énergie, en fonction de la fréquence ou de la période du signal analysé qui permet d'identifier le contenu fréquentiel du signal de marée. La méthodologie, proposée dans ce travail, est constituée des étapes suivantes:

- Nettoyage et filtrage du signal: Des défauts dans le signal se manifestent par des Dirac ce qui fausse l'analyse du signal. Le filtrage numérique est obligatoire, en raison du grand nombre de composantes qui compose le signal.

- Les effets météorologiques et les erreurs de mesure introduisent une perturbation spectrale, considérée comme un « bruit » pour la marée, qu'il convient d'éliminer de façon optimale.

- Analyse harmonique: Deux méthodes ont été utilisées pour identifier le contenu fréquentiel du signal de marée : Une transformation de Fourier discrète et une transformation de Fourier rapide

- Identification des composantes de la marée : La quadrature directe consiste à identifier directement les coefficients de la série d'ondes. Elle revient à projeter directement la fonction de la marée sur une base de fonctions. Elle présente l'avantage de ne pas prendre beaucoup de temps de calcul et est très satisfaisante lorsque la base de fonctions est libre, complète et orthogonale.

Dans ce travail, cette méthodologie a été appliquée sur un enregistrement d'une année de la marée et de la pression dans un port méditerranéen

2- Analyse des données marégraphiques brutes

La figure 1 présente le signal nettoyé comparé au signal brut

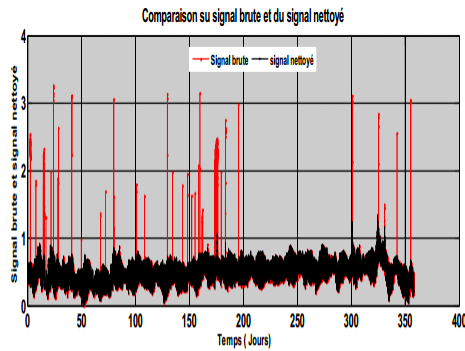


Figure 1: Comparaison du Niveau Brute et Nettoyé

La figure 2 présente une comparaison entre le signal nettoyée et filtré.

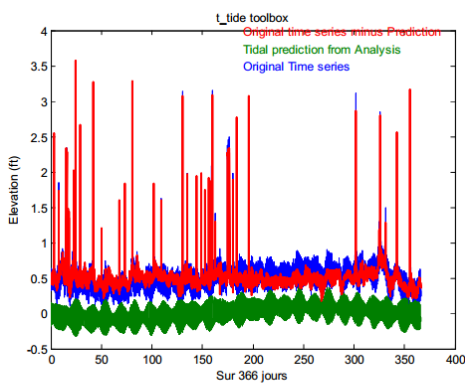


Figure 2 : Comparaison des tracés des signaux de marée enregistrés

La figure 3 présente les corrections apportées par le filtre numérique de Butterworth

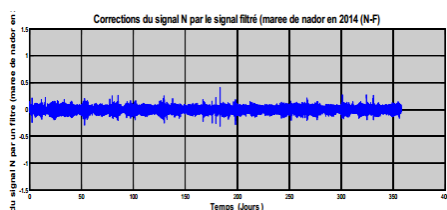


Figure 3 : Corrections apportées par le filtre numérique de de Butterworth

3- Analyse harmonique : La séparation de l'énergie marémotrice et non marémotrice contenu

dans le signal a été faite avant toute analyse des séries temporelles. Le fondement théorique et la mise en œuvre de cette analyse a été faite par un code de calcul sous Matlab. Ce code est disponible à www.ocgy.ubc.ca/~rich. [1] et il a été développé durant ces dernières années pour l'analyse harmonique de la marée.

2. Transformation de Fourier numérique

La figure 4 présente la transformée de Fourier discrète sur les 39369 points du signal complet.

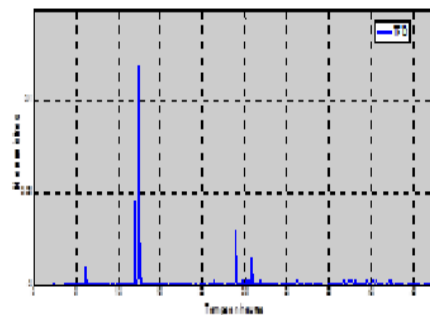
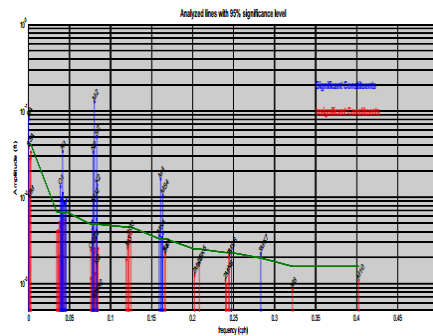


Figure 4: Transformée de Fourier discrète

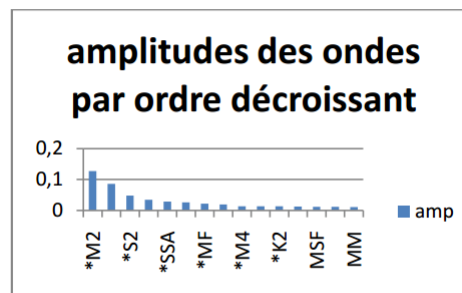


Figure 4: Classement des amplitudes des marées par ordre décroissant

La figure ci-dessous montre la grandeur et le degré d'influence de chaque onde. Ceci permet d'avoir une idée sur l'onde de marée la plus prépondérante. Dans notre cas, il s'agit de l'onde M2 qui représente l'onde lunaire semi-diurne. Avec une amplitude de 12 cm.

3. Identification des composantes de la marée

L'identification des composantes de la marée peut se faire par projection sur deux bases de périodes distinctes. En un point donné, le niveau de la marée $h(t)$ peut être approximé par une série d'harmoniques qui peut s'écrire sous la forme suivante :

$$h(t) \approx h'(t) = a_0 + b_0 t + \sum_{n=1}^N a_n \cos\left(2\pi \frac{t}{T_n}\right) + b_n \sin\left(2\pi \frac{t}{T_n}\right)$$

Expression dans laquelle les T_n sont les périodes des composantes de la marée. La base des périodes des composantes des ondes de marée s'identifie par le contenu fréquentiel du signal au moyen de la transformation de Fourier numérique (discrète ou rapide). Ce sont les périodes qui correspondent aux raies des transformées de Fourier du paragraphe 3.

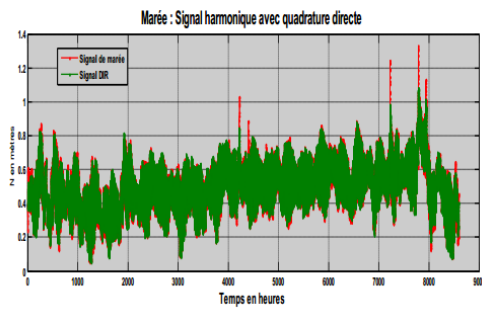


Figure 5 signal harmonique avec quadrature directe

5. Conclusion : Dans ce travail, on a mis en place une approche globale pour le traitement des enregistrements marégraphique. Un certain nombre d'amélioration vont être mise en œuvre. En particulier notre direction de travail va être prise vers les méthodes conservatives. Cela consiste à projeter la fonction $h(t)$ au sens des moindres carrés sur une base de fonctions exponentielles complexes, à priori inconnue. V- Référence [1] Rich Pawlowicza,, Bob Beardsleyb, Steve Lentzb Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T TIDE 2002 Computers & Geosciences 28 (2002) 929–937 [1] Simon B. (2007) *La marée océanique côtière*, 435 p., Paris : Institut Océanographique.