

# Enregistrement par un marégraphe prototype, des variations de niveaux de la mer à Alger durant le séisme du 21 mai 2003

Par Michel van Ruymbeke<sup>1</sup>, Boualem Chema<sup>2</sup>, Mohamed Nechimi<sup>2</sup>, Hamid Sayad<sup>2</sup> & Rosamund Howard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Royal Observatory of Belgium, Avenue Circulaire, 3 B-1180 Bruxelles, Belgium  
Fax: ++32-2373-0286, E-mail: labvrui@oma.be

<sup>2</sup>Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT)  
Fax: ++21-23 43 82, E-mail: inct99@wissal.dz

## ملخص :

إن قياس المد و الجزر الذي بقي على حاله لمدة قرابة القرن كان منذ بضعة سنين موضوع تجديد اهتمام أساسي بسبب الحاجة إلى قياسات جديدة ذات نوعية جيدة صادرة خاصة من مجموعة العلميين و أيضا من مصالح الجيوديزيا و الهيدروغرافيا، التي تواجهها دوما تدهور نوعية القياسات الناتجة عن الأجهزة التقليدية، أجهزة قياس المد و الجزر ذات الطوف القياسية. هذه الخسارة في النوعية تنسب احتمالا إلى الطبيعة القديمة للتقنية المستعملة مؤدية إلى عدم اهتمام المتعاملين بهذا العمل الروتيني و الممل الذي قد تتجزه هذه الآلة. لهذا الغرض وضع المعهد الوطني للخرائط و الكشوف عن بعد بالتعاون مع المرصد الملكي البلجيكي الممثل من طرف الدكتور ميشال فان رومباك، نموذجا جديدا لمقياس المد و الجزر باقتناء رقمي. انجز تركيب النظام بمساعدة المصلحة الهيدروغرافية التي تضمن صيانة مقياس المد و الجزر القياسي القديم المركب في سنة 1985 بميناء الجزائر. موضوع هذا المقال هو إظهار الأشغال المنجزة من طرف المرصد الملكي البلجيكي بالجزائر خلال شهر ماي 2003 و كذلك أشغال المصادقة على القياسات و النموذج المنجزة من طرف فرقة من المعهد الوطني للخرائط و الكشوف عن بعد للمرصد الملكي البلجيكي في سبتمبر 2003.

## Résumé :

La marégraphie, qui était restée inchangée pendant près d'un siècle a fait l'objet depuis quelques années d'un regain d'intérêt, principalement en raison d'un besoin nouveau de mesures de bonne qualité émanant surtout de la communauté scientifique, mais également des services géodésiques et hydrographiques, souvent confrontés à la détérioration de la qualité des mesures issues des appareils traditionnels, les marégraphes à flotteur à enregistrement analogique. Cette perte de qualité doit vraisemblablement être attribuée au caractère désuet de la technique mise en jeu, entraînant le désintérêt des opérateurs pour un travail routinier et fastidieux que pourrait accomplir une machine.

A cet effet l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) a installé en collaboration de l'Observatoire Royal de Belgique (ORB) représenté par le Dr Michel van Ruymbeke, un nouveau prototype de marégraphe à acquisition numérique. L'installation du système s'est fait avec le support du Service Hydrographique des forces Navales qui assure la maintenance de l'ancien marégraphe analogique installé en 1985 dans le port d'Alger. L'objet de cet article est de présenter les travaux réalisés par l'ORB à Alger en mai 2003 ainsi que les travaux de validation des mesures et du prototype, effectués par une équipe de l'INCT à l'ORB en septembre 2003.

*Mots clés:* Marégraphe, tsunami, ondelettes, séisme, EDAS

## Abstract :

The tide gauge science that had remained unaltered during approximately one century was the object since some years of an interest renewale, mainly because of a new need of good quality measures especially emanating from the scientific community, but also from the geodesic and hydrographic service, often confronted to the deterioration of the quality of the measures stemming from the traditional devices, the tide gauge with float and with analogical registration. This loss of quality must be assigned presumably to the outdated nature of the technique involved leading to the neglect of the operators for a routine and boring work that a machine could accomplish to this effect the National Institute of Cartography and Remote Sensing (INCT) installed in collaboration of the royal observatory of Belgium (ORB) represented by Dr Michel Van RUYMBEKE, a new prototype of tide gauge with digital acquisition. The installation of the system was made with the support of the hydrographic service that assures the maintenance of the former analogical tide gauge installed in 1985 in the port of Algiers.

The object of this article is to present works achieved by the ORB in Algiers in may 2003 as well as the works of validation of the measures and prototype, done by a team of the INCT to the ORB in September 2003.

## I- Introduction :

En tout point de notre globe, le vecteur pesanteur n'est pas constant. Le mouvement orbital de la Terre et de la Lune par rapport au Soleil, induit des variations d'origine gravitationnelle. La Terre se déforme de telle sorte que la surface équipotentielle définie par le géoïde, reste perpendiculaire au vecteur pesanteur. Ces modifications géométriques de l'ordre de quelques dizaines de cm, induit à son tour dans les océans, des mouvements propres en fonction de divers paramètres. Le long des côtes, une amplification de certaines composantes peut provoquer de très grandes marées. En Méditerranée, les ondes de marées sont relativement petites.

La marée est un mouvement oscillatoire que l'on pourrait comparer à la houle dans les couches superficielles; dans les deux cas, les molécules d'eau décrivent des trajectoires fermées dans un plan vertical. Mais, à la différence de la houle, la longueur d'onde de la marée est toujours bien supérieure à la profondeur des océans. Il en résulte que le mouvement dû à ce phénomène intéresse toute la hauteur d'eau.

Toutes les molécules d'une même verticale décrivent des orbites sensiblement égales et extrêmement aplaties. Le mouvement vertical constitue la marée proprement dite; les mouvements horizontaux, incomparablement plus importants forment les courants de marée.

## II- Définitions des termes concernant la marée océanique

La courbe représentant les variations de la hauteur de la marée en fonction du temps s'appelle courbe de marée (Fig 1).

Chaque minimum de la courbe s'appelle basse mer et chaque maximum de la courbe s'appelle pleine mer. De la basse mer à la pleine mer, le niveau s'élève pendant la phase appelée flux ou montant et il s'abaisse de la pleine mer à la basse mer pendant le reflux ou perdant.

La différence de hauteurs entre une pleine mer et une basse mer consécutives s'appelle le marnage. Les hauteurs sont rapportées à un niveau de référence qui est généralement le zéro hydrographique, encore appelé zéro des cartes marines.

Dans les mers fermées, les marées sont très faibles. Elles sont insensibles en Mer Noire. En Méditerranée, sur la côte algérienne, le marnage est d'environ 10 à 20 cm, du même ordre de grandeur que les effets météorologiques dont il est difficile de distinguer la marée.

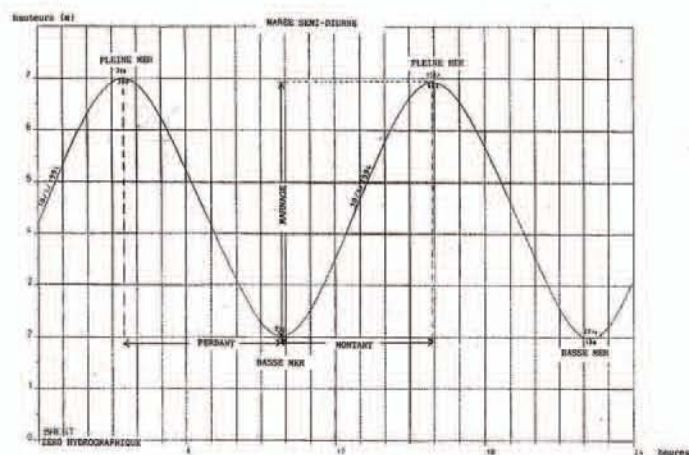


Figure 1 : Définition des termes caractérisant la marée océanique.

## III- Description du marégraphe analogique à flotteur

En Algérie il y'a qu'un seul marégraphe à enregistrement analogique installé en 1985 sur le site d'Alger port. Il mesure la variation de la hauteur de l'eau à l'aide d'un flotteur dans un cylindre ouvert. Le cylindre métallique a un diamètre de 145 mm avec un trou de 14,5 mm (1/10 du diamètre du tube) pour filtrer les sèches du port (fig 2,3 et 4).



Figure 2 : Site du marégraphe



Figure 3: Marégraphe analogique

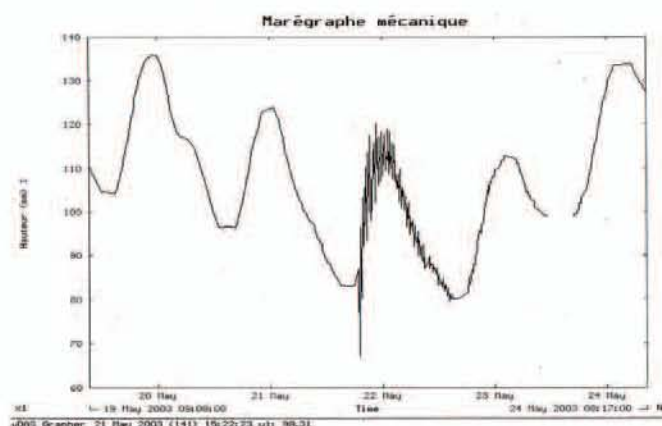


Figure 4: Marégramme digitalisé du marégraphe analogique avec tsunamis du séisme du 21/05/03



Figure 5: Tambour d'enregistre du marégraphe analogique (Tsunami du séisme di 21 mai 2003)

#### IV- Le marégraphe prototype à enregistrement électronique:

Le prototype de marégraphe électronique a été mis en marche sur le site d'Alger port près du marégraphe à flotteur à enregistrement analogique, une heure avant le séisme du 21 mai 2003 qui a touché les régions de Boumerdes et Alger. Ce marégraphe comporte un tube en ethernit de 180mm de diamètre, une partie électronique composée d'une cellule anéroïde et l'électronique qui mesure les fréquences ainsi que la partie d'acquisition automatique des données qui regroupe un nanoDAS et son alimentation (fig. 6, 7 et 8).



Figure 6: Installation du tube en ethernit

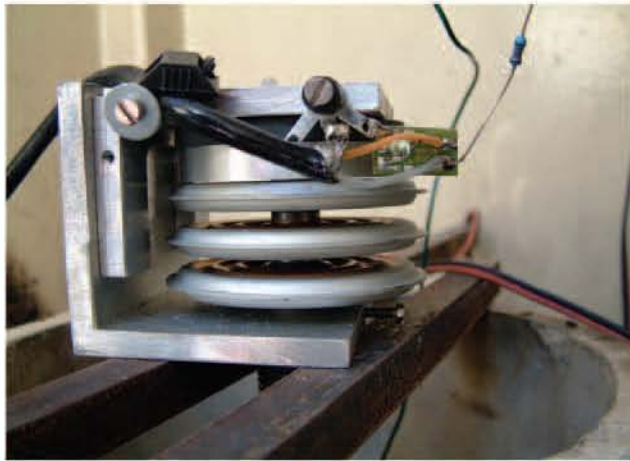


Figure 7: cellule anéroïde du marégraphe électronique

Les enregistrements électronique effectués une heure avant le séisme montre les tsunamis avec une grande précision et une très grande résolution (fig.8)

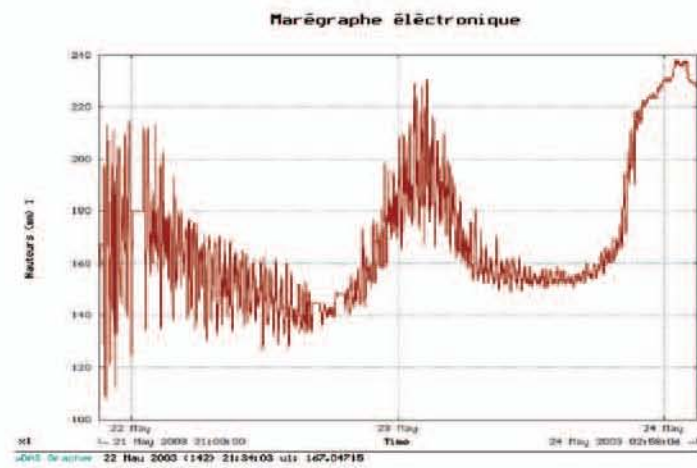


Figure 7 : Enregistrements des tsunamis par le marégraphe électronique

#### V- Validation et étalonnage du marégraphe Electronique :

Cette partie a été effectuée en deux phases, à l'ORB durant la période du 12 septembre au 03 octobre 2003.

- Validation et l'étalonnage des données: Les données qui ont été utilisées dans cette phase, sont ceux des marégraphes électronique et analogique ainsi que les prédites pour la période d'avant et après le séisme (fig. 4,7 et 8).

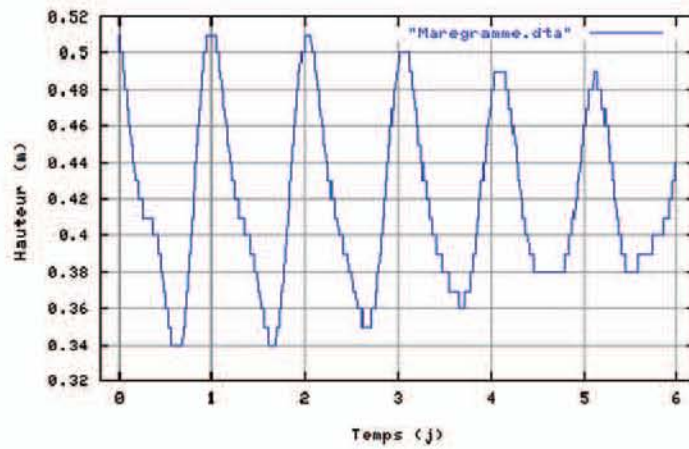
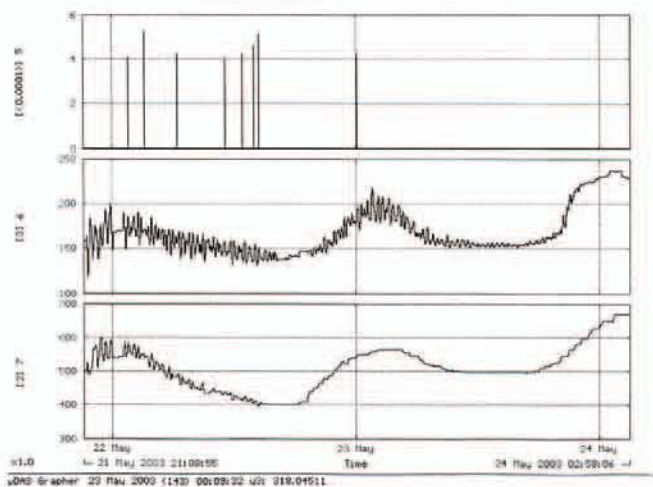


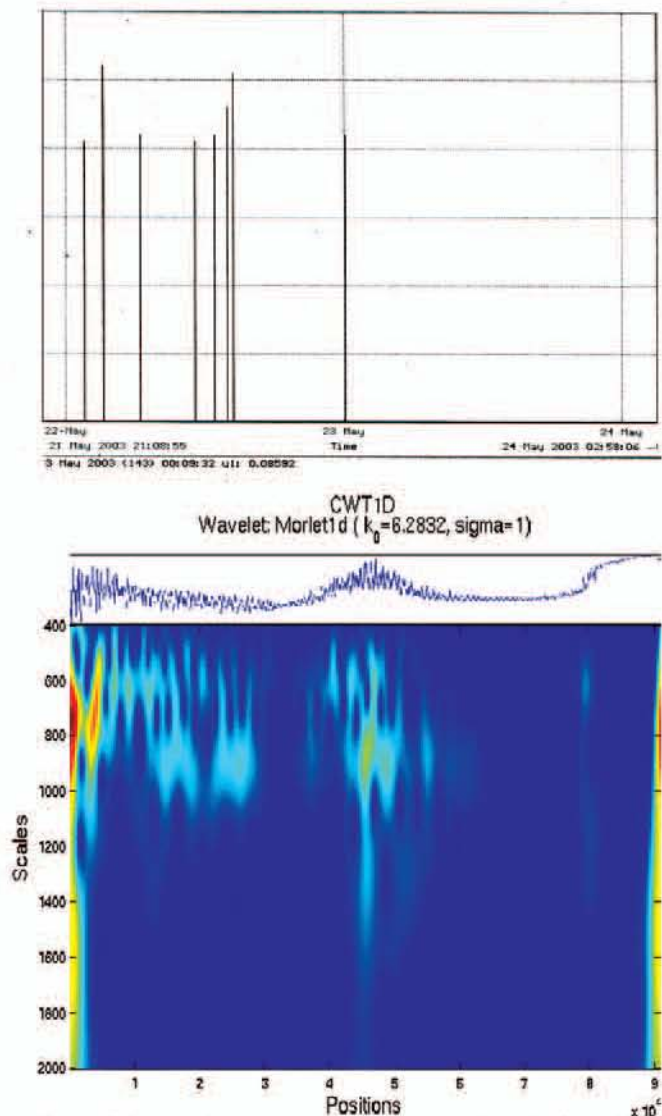
Figure 8 : Marégramme des données prédites

- Analyse des enregistrements : Après la détermination du coefficient d'étalonnage et l'analyse des tsunamis enregistrés, nous avons constaté que la première onde a été enregistrée avec le marégraphe analogique avait un retard de presque d'une heure par rapport au temps du premier séisme de Boumerdes du 21 mai 2003 (fig 9,10,11 et 12).



**Figure 9 :** Comparaison des Tsunamis enregistrées par les marégraphes analogique et électronique par rapport aux différentes répliques qui ont eu lieu juste après le 1er séisme.

L'analyse spectrale par la méthode des ondelletes du signal enregistré par le marégraphe électronique en comparaison avec les répliques les plus importante, montre très bien l'énergie de chaque réplique par rapport au séisme principal (fig 10).



**Figure10 :** Analyse spectrale des Tsunamis par la méthode des ondelletes du signal du marégraphe électronique par rapport aux différentes répliques qui ont eu lieu juste après le 1er séisme.

## VI- Conclusions :

Le marégraphe réalisé a permis d'enregistrer les variations du niveau de la mer au moment du séisme ...

Malgré son installation provisoire faite quelques instants avant le séisme, les données sont utilisables. La validation des enregistrements est faite par comparaison avec deux signaux différents. Une marée synthétique et l'enregistrement avec un marégraphe existant au même site.

Un changement de niveau commun aux deux marégraphes et naturellement non présent sur la marée synthétique doit être expliquée par un enregistrement complémentaire.

Après filtrage en passe bas pour éliminer les clapotis de la mer, on obtient un signal auquel on applique une méthode d'analyse par ondelettes.

Une mise en parallèle des répliques sismiques semble montrer une ré- excitation des oscillations du niveau d'eau.

A ce stade, il est prématuré de donner plus d'information. Une analyse plus fouillée sera mise en oeuvre avec comparaison avec les enregistrement avec d'autres instruments tels que les gravimètres.

## VII- Remerciements :

Van Ruymbeke remercie les autorités de l'INCT, pour l'accueil deux fois, spécialement Mrs. Le Directeur Général de l'INCT, Nadir Saadi, Guemdani Labidi, Benhamouda Fethi, Fraucène Abdelhak, Hamidi Rabah.

Boualem Chemaï remercie les responsables de l'ORB et son Directeur, Dr Roland Verbeiren, Eric de Kerhove, Eric Putz, Sébastien Naslin, Rosamund Howard.

## VIII- Références Bibliographiques :

[1] **M. Van Ruymbeke, FR. Beauducel and A. Somerhausen:** "The environmental Data Acquisition System (EDAS) developed at the Royal Observatory Of Belgium". Bulletin de l'ECCGS.

[2] **Cai Weixin, M. Van Ruymbeke, Tang Shilin, B. Ducarme, Du Weimin, J. Flick:** "Cooperative projects in geodynamical instrumentation between the state seismological Bureau (China) and the Royal Observatory Of Belgium" Proc. Xth Int. Symp. On earth tides, Helsinki July 31-August 5, 1989.

[3] **J. Flick, M. Van Ruymbeke, B. Ducarme, P. Melchior:** "1983, New results at the Undergroud Laboratory for Geodynamics (Walferdange, Gr. Duch. Of Lux.) Proc.Xth Int. Symp. On earth tides, New York, 1981.

[4] **R. Vieira, M. Van Ruymbeke, J. Arnoso, N. d'Oreye, J. Fernandez, C. de Toro:** "1993, Comparative study of tidalgravity parameters observed in Timanfaya, Jameo del Agua and Cueva de los Verdes stations at Lanzarote island". Proc.XIIth Int. Symp. On earth tides, Sciences Press, Beijing, New-York, pp 41-52.

[5] **Site web:** www.shom.fr.