

## 3.2.5 Marégraphie

par Guy Wöppelmann

### 1. Evolution du contexte

Le bilan dressé lors de la réunion qui s'est tenue en juillet 2005 à la direction de la technologie sur la question des systèmes d'observation 'in situ' du niveau de la mer, en particulier sur les réseaux de marégraphes côtiers, confirme l'existence d'une activité notable en France au sein d'organismes divers avec des objectifs divers (Boucher et Wöppelmann 2005). A cette occasion, le SHOM a exprimé le souhait que ses activités et sa compétence dans le domaine de la marégraphie soient consolidées au-delà des missions qui lui sont déjà confiées (prédiction de la marée, zéro hydrographique, réduction des sondages bathymétriques) en prenant en compte d'autres besoins, notamment relevant d'autres Ministères que celui de la Défense. Cette extension de ses activités est conforme aux décisions du CIMER (Comité Interministériel de la Mer). Le SHOM est naturellement prêt à jouer le rôle de coordinateur national de la marégraphie, à la condition que le mandat lui soit donné, et qu'à terme un contrat objectifs – moyens soit établi. Un document de travail a été établi en décembre 2005 afin d'avoir une vision claire et précise des fonctions que se propose d'assurer le SHOM (coordination des réseaux de marégraphes, expertise en marégraphie, collecte et archivage, diffusion des données...) et de recueillir l'aval des autres organismes (Allain 2005).

Au niveau international, la France est bien active et organisée dans la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI) comme en témoigne le comité national CN-COI présidé par F. Gérard. La représentation au programme mondial GLOSS a toujours été assurée, par C. Le Provost d'abord, par G. Wöppelmann aujourd'hui (Wöppelmann et al 2005a). Suite à la réunion de juillet, et dans l'esprit mentionné ci-dessus, le SHOM a pris contact avec la structure européenne d'observation du niveau de la mer ESEAS, afin d'étudier la participation française à ce système d'observation.

Un problème existentiel se pose aujourd'hui dans le système d'observation SONEL mis en place par le SHOM, l'IGN, et les laboratoires CLDG de l'université de la Rochelle et LEGOS de Toulouse (<http://www.sonel.org>). Si bien le système semble répondre aux besoins d'utilisateurs scientifiques (plus d'une centaine, dont des services internationaux tels que le PSMSL), les limites du volontariat apparaissent clairement. Le développement du service souffre du manque de reconnaissance officielle. On peut cependant considérer qu'il a rempli ses objectifs comme démonstrateur. Depuis janvier 2003, les observations horaires des marégraphes des deux principaux réseaux français RONIM (SHOM) et ROSAME (LEGOS) sont accessibles librement via Internet à toute personne qui souhaite effectuer des études sur le niveau marin dans une optique de recherche académique ou d'ingénierie. La question de sa poursuite est soulevée ouvertement et un colloque est organisé les 18-19 avril 2006 afin de permettre d'établir un bilan de l'intérêt du service et d'envisager l'avenir dans une phase plus opérationnelle.

### 2. Observatoires côtiers du niveau marin

#### 2.1. Nouvelles stations

Trois nouveaux marégraphes radar ont été installés en 2005 par le SHOM : à Nouméa (janvier 2005), à Fort-de-France (octobre 2005) et à Pointe-à-Pitre (octobre 2005). Le marégraphe de Nouméa se trouve à 6 km de l'ancien. Dans un souci de continuité pour les applications scientifiques, le SHOM assure avec le concours de l'IRD et de la DITTT une période commune d'observation entre les deux marégraphes radar et mécanique d'au moins un an. Dans les Antilles, les marégraphes se trouvent à l'emplacement des anciens (Tiphaneau 2006). Cela porte à 25 le nombre de stations du réseau RONIM. Les données sont disponibles sur le serveur de SONEL.

## **2.2. Performances des marégraphes**

S'appuyant sur le constat du groupe d'experts du programme mondial GLOSS que l'expérience acquise sur les capteurs radar est encore bien courte, et celle des marégraphes à ultrasons pas assez fouillée dans les aspects stabilité sur plusieurs années (IOC 2005), l'équipe GRGS/SHOM a engagé une politique rigoureuse et systématique d'étalonnages des marégraphes français sur le terrain. Il s'agit tout d'abord d'accumuler des observations qui permettront de réaliser des études particulières sur les défauts de chaque marégraphe, mais aussi qui permettront de mener à bien des études plus générales sur chaque type de marégraphe, de caractériser les erreurs systématiques, de comprendre leur origine et de surveiller leur évolution (une activité amont indispensable lorsqu'on s'intéresse à des applications aussi exigeantes que la calibration, à la dérive des altimètres radar embarqués sur satellite, ou à des variations climatiques du niveau marin de 1-2 mm/an). Des premiers résultats méthodologiques ont été obtenus, ils feront l'objet d'une publication qui sera soumise dans un journal à comité de lecture international en 2006.

En 2005, les marégraphes suivants ont fait l'objet d'étalonnages :

- Roscoff (février 2005), marégraphe radar Krohne BM100 installé en juin 2004 ;
- Saint-Malo (mars 2005), marégraphe radar Krohne BM70a installé en septembre 2003 ;
- Marseille (avril 2005), marégraphe à ultrasons Radarson installé en juin 1998 ;
- Toulon (avril 2005), marégraphe à ultrasons IEE installé en mars 1998 ;
- Fort-de-France (octobre 2005), marégraphe radar Krohne BM70a installé au même moment ;
- Pointe-à-Pitre (octobre 2005), marégraphe radar Krohne BM70a installé au même moment.

L'analyse des observations du marégraphe de Marseille révèle un changement notable du dispositif de mesure à partir de novembre 2000. Ce changement apparaît clairement dans les résidus en temps de l'analyse harmonique de l'ensemble de la série d'observation horaire obtenue sur plus de cent ans d'abord avec le marégraphe mécanique de 1885 à 1988, puis avec le marégraphe à ultrasons depuis novembre 1998 (Wöppelmann et al. 2005b). Il coïncide avec des travaux importants de génie civil qui avaient pour objectif de consolider l'entrée du chenal d'accès au puits de tranquillisation. Ces travaux s'étaient déroulés de novembre 2000 au printemps 2001. L'analyse montre également que le retard accusé à partir de cette date n'est pas constant, il présente des oscillations importantes dont l'amplitude semble s'atténuer avec le temps et se superposer à une dérive qui tend à réduire le retard. L'inspection de la galerie en mars 2005 ne révèle aucune anomalie ou obstruction, et son nettoyage les 29 et 30 mars 2005 ne semblent pas avoir affecté l'allure du retard observé. Pourtant une hauteur de vase d'environ 40 cm a été retirée de l'entrée de la galerie. La branche de la galerie proche du puits ne présentait en revanche que quelques centimètres de vase. Aussi, peut-on se demander si le puits et le chenal sont réellement à l'origine du problème ou bien si ce dernier est dû à un dysfonctionnement du marégraphe à ultrasons survenu au moment des gros travaux : choc ?... Par ailleurs, une question demeure en suspens depuis longtemps à propos du dispositif de chenal et de portes dans la galerie d'accès qui mène au puits de tranquillisation : présente-t-il un filtrage ? Si oui, quelle est sa fonction de transfert ? Quelles applications sont affectées par un tel filtrage ? études des ondes de tempête ? des niveaux extrêmes ?... Peut-on y remédier par une connaissance précise de la fonction de transfert ? Afin d'apporter des éléments de réponse aux questions soulevées ci-dessus, une expérience avec deux marégraphes à pression a démarré en octobre 2005 (Wöppelmann et al 2005b).

Mentionnons enfin l'évolution technologique des marégraphes vers des systèmes d'acquisition des observations en temps-réel qui alimenteraient les systèmes d'alerte aux tsunamis (SATOI dans l'Océan Indien, SATANEM dans l'Atlantique nord-est et la Méditerranée, etc.). Des solutions techniques sont en cours d'exploration par l'EPSHOM et le LEGOS pour satisfaire ce nouveau besoin. Brest (EPSHOM) et Kerguelen (LEGOS) sont des stations pilotes sur lesquelles sont menés des tests.

## **2.3. Rattachements géodésiques**

Outre les marégraphes mentionnés dans la section 2.2, les marégraphes de Miami (Etats-Unis), de Malé (Maldives), de Santa Cruz (Galapagos) et de Saint Jean-de-Luz ont fait l'objet de rattachements locaux avec la station DORIS ou GPS qui se trouve à proximité (Vergez 2005, Fagard 2005, Beilin 2006, Fagard 2006). L'analyse des cinq opérations de nivellement géométrique effectuées à Brest depuis 1999 ne révèle aucun mouvement différentiel entre le marégraphe et la station GPS permanente qui se trouve à 350 mètres (SHOM 2004). Les mêmes conclusions sont obtenues à La Rochelle entre le marégraphe et la

station GPS permanente qui se trouve à 100 mètres avec trois opérations de nivellement géométrique conduites depuis 2001.

### 3. Conclusion

Pour conclure, mentionnons le travail de sauvetage des observations historiques du niveau de la mer qui a démarré en 2004 dans les laboratoires CLDG et LEGOS avec le soutien du SHOM. Ce travail commence à porter ces fruits : deux articles sont en sous presse dans des revues de rang international (Testut et al., Wöppelmann et al.), un autre est soumis (Pouvreau et al.). Les résultats de ces recherches confirment que la France est l'un des pays les plus riches en observations historiques du niveau marin, un patrimoine dont il conviendrait de valoriser davantage le potentiel scientifique dans le contexte actuel de réchauffement climatique. Les événements extrêmes sont-ils plus fréquents aujourd'hui qu'au 19<sup>ème</sup> siècle ? Le niveau moyen de la mer a-t-il sensiblement évolué ? de combien ? Autant de questions que nous rappelons ici et auxquelles les données historiques pourraient apporter des éléments de réponse, d'autant qu'elles n'ont jamais été analysées sous cet angle.

### 4. Lite de publications

- Allain S. (2005) : « Du rôle du SHOM dans la coordination nationale des systèmes d'observation du niveau de la mer ». Document N° 478 SHOM/EG/NP, 21 décembre 2005, 5pp.
- Beilin J. (à paraître) : « Station de Socoa. Sauvegarde régionale et mise en référence ». Rapport IGN SGN 28134.
- Boucher C. et G. Wöppelmann (2005). Compte-rendu de réunion sur l'observation 'in situ' du niveau de la mer. Ministère délégué à la Recherche, Direction de la technologie, Paris, 5 juillet 2005, 4 pp.
- Cravatte S. et L. Fichen (2005) : Mission océanographique NIVMER05 effectuée du 03/12/2004 au 30/12/2004 durant l'OP 2004/4, 52 pp.
- Fagard H. (2005) : « Installation de la station DORIS de Malé (Maldives) ». Rapport IGN CR/G 196, Août 2005.
- Fagard H. (à paraître) : « Installation de la station DORIS de Santa Cruz ( Galapagos, Equateur) ». Rapport IGN CR/G 198.
- Fagard H. (submitted) : « 20 years of evolution for the DORIS permanent network, from its initial deployment to its renovation ». Journal of Geodesy.
- IOC (2005) : « The Group of Experts on the Global Sea Level Observing System (GLOSS) ». Ninth Session, Paris, France, 24-25 February 2005, GOOS Report No. 149.
- Pouvreau N., B. Martin, B. Simon and G. Wöppelmann (submitted) : « Evolution of the tidal semi-diurnal constituent M2 at Brest from 1846 to 2005 ». Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
- SHOM (2004) : « Travaux de nivellement géométrique sur l'observatoire de marée de Brest-Penfeld » Note express No. 136 MOA/NP, 22 septembre 2004.
- Testut L., G. Wöppelmann, B. Simon and P. Téchiné (in press): « The sea level at Port-aux-Français, Kerguelen Island, from 1949 to the present ». Ocean Dynamics. DOI 10.1007/s10236-005-0056-8.
- Tiphaneau P. (2006) : « Installation d'un marégraphe radar à Fort-de-France (Martinique) et rattachement par nivellement et GPS ». Rapport CLDG No. 02/06, Février 2006.
- Tiphaneau P. (à paraître) : « Installation d'un marégraphe radar à Pointe-à-Pitre (Guadeloupe) et rattachement par nivellement et GPS ».
- Vergez P. (2005) : « Installation de la station DORIS de Miami (Etats-Unis) ». Rapport IGN CR/G 195, Mars 2005.
- Wöppelmann G., S. Calmant, R. Le Roy and L. Testut (2005) : « National report of France ». Report presented at the GLOSS Group of Experts Meeting No.9, Paris, UNESCO, 24-25 February 2005, 3pp.
- Wöppelmann G., B. Martin and M. Marcos (2005) : « Installation de deux marégraphes SBE26 dans l'Anse Calvo, Marseille, le 24 octobre 2005 ». Rapport CLDG No. 01/05, Novembre 2005, 15 pp.
- Wöppelmann G., N. Pouvreau and B. Simon (in press): « Brest sea level record : a time series construction back to the early eighteenth century ». Ocean Dynamics. DOI 10.1007/s10236-005-0044-z.