

LA RÉNOVATION DE LA GAMME DES PRODUITS DE MARÉE DU SHOM : UNE ADAPTATION AUX NOUVEAUX BESOINS ET AUX MOYENS DE COMMUNICATION MODERNES

par Nicolas Weber ¹

RÉSUMÉ :

Depuis 1839, date de publication de son premier annuaire des marées, le service hydrographique et océanographique français diffuse de nombreuses informations liées à la marée sous de multiples formes (tables de marées, logiciels, ouvrages...).

Cet article expose les travaux de rénovation et de modernisation de la gamme des produits de marées engagés par le SHOM depuis 2006.

Ces travaux ont d'abord pour ambition de mieux prendre en compte les nouveaux besoins des usagers de la mer qu'ils soient des particuliers, des professionnels du secteur privé ou appartiennent à des organismes institutionnels. Ils prennent également en compte les nouvelles technologies et nouvelles pratiques associées (nouveaux moyens de communication dont la téléphonie mobile et l'Internet, l'informatique embarquée...).

ABSTRACT:

Since 1839, date of the publication of the first tide table, the French hydrographic and oceanographic office delivers various tide information in many forms (tide tables, software, books...).

This article describes the work engaged for updating tide products since 2006.

This work first aims to meet the new needs of users of the sea, individuals, professionals or personnel belonging to institutional organizations. This work takes also into account new technologies and new practices (web, mobile telephony, data processing, computers...).

¹ Ingénieur d'étude et fabrication responsable des produits marée - courants
Service hydrographique et océanographique de la marine 13, rue du Chatellier,
CS92803, 29228 Brest Cedex 2, France
(Email : nicolas.weber@shom.fr)

1. INTRODUCTION

Jusqu'à ces dernières années, l'offre des produits et services de marée du SHOM reposait principalement sur un pilier historique : les annuaires papier.

Devant la diversification de la clientèle, de ses besoins et l'apparition constante de nouveaux modes de diffusion et de communication, le SHOM s'est résolument engagé depuis 2006, à :

- améliorer et uniformiser les chaînes numériques de prédictions de marée ;
- rénover et élargir la gamme de produits de marée pour répondre aux nouveaux besoins ;
- adapter l'offre aux nouveaux modes de diffusions (Internet et médias mobiles) afin d'augmenter et faciliter l'accès aux prédictions pour les clients actuels et futurs.

Le SHOM s'est enfin vu récemment confier une nouvelle mission de soutien aux politiques publiques maritimes et littorales. De nouveaux produits plus spécifiques dédiés aux professionnels privés et aux organismes institutionnels ont ainsi dû être imaginés pour répondre à leurs sollicitations.

2. L'OFFRE CLASSIQUE SUR PAPIER

2.1 Les annuaires et calendriers de marée

Comme tous les services hydrographiques, la diffusion des prédictions de marée a d'abord été réalisée via des annuaires et des tables de marée en version papier. Ceux-ci étaient principalement destinés aux navigateurs (figure 1).

Héritiers de l'*Annuaire des marées des côtes de France*, publié pour la première fois en 1839 par l'ingénieur hydrographe Chazallon, les annuaires des marées du SHOM restent les ouvrages réglementaires et officiels des zones françaises. Ils fournissent les coefficients et les prédictions de pleines et basses mers pour les ports principaux :

- de la France métropolitaine (tome 1) ;
- de l'outre-mer français (des Antilles à la Base Dumont d'Urville en Terre Adélie) et des zones de responsabilité hydrographique de la France (Afrique de l'Ouest, Madagascar...) ou historiquement prédits (Viet-Nam...) (tome 2).

Pour étendre la diffusion de ces prédictions vers le grand public, le SHOM propose également depuis de nombreuses années des « calendriers de marée » destinés à être reproduits par des imprimeurs privés, dans des fascicules informatifs ou publicitaires, des ouvrages d'aide à la navigation, dans la presse... Avec une mise en page mensuelle, les informations de pleines et basses mers sont fournies en heure légale (c'est-à-dire en tenant compte des heures d'été et d'hiver) accompagnées du coefficient de marée.

Cette offre concernant les ports principaux de l'annuaire est étendue à une soixantaine de ports secondaires afin d'offrir un panel assez varié de localités réparties sur les côtes de France.

2.2 Les ouvrages de référence sur la marée

Le « savoir faire du SHOM » sans cesse amélioré par ses experts depuis près de 175 ans, est dispensé sous forme de cours théoriques et pratiques sur la marée dans plusieurs

écoles (école du SHOM, ENSTA Bretagne (ex ENSIETA), ...) ainsi qu'à travers de publications d'ouvrages à savoir (figure 2) :

- le guide de vulgarisation : « *La Marée* » de la collection des « Guides du SHOM » (édition 1997) qui répond aux questions que se pose tout navigateur, pêcheur ou simplement curieux sur le phénomène de la marée ;
- différents documents gratuitement téléchargeables sur le site Internet du SHOM mis à disposition des élèves et étudiants pour des travaux de recherche et qui abordent différentes thématiques de la marée, les techniques d'observation, le traitement, les méthodes de calcul des prédictions... ;
- un ouvrage scientifique et technique de référence édité en 2007 : « *La marée Océanique côtière* » qui présente les fondements de l'étude des marées océaniques et ses applications en zone côtière. Il s'adresse à un public averti et intéressé par les fondements physiques du phénomène (B. Simon - édition Institut Océanographique).



Figure 1 : Les annuaires des marées du SHOM de 1839 à 2012



Figure 2 : Ouvrages généraux sur la marée diffusés par le SHOM

3. LA TRANSITION VERS LE TOUT NUMÉRIQUE

Le développement de l'informatique embarquée ainsi que l'explosion des moyens de diffusion numérique de l'information suscitent de la part des navigateurs des besoins nouveaux. La fourniture de documents nautiques sous forme numérique constitue un enjeu non seulement pour la sécurité de la navigation mais aussi de façon générale pour les différents usagers de la mer. Il s'agit aussi d'un enjeu économique pour le SHOM. De nos jours, les prédictions de marées ne s'adressent plus uniquement aux navigateurs professionnels (marine marchande, pêche, marine nationale) et aux plaisanciers mais également aux sportifs pratiquant les sports de glisse (surf, planches à voile, kayaks...) ainsi qu'aux vacanciers et habitants du littoral¹ (pour des activités de pêche à pied, de plage et de randonnée côtière).

Les produits et services de prédictions de marée, principalement orientés vers un support papier ont ainsi dû être repensés. Ils le furent au travers du projet « HEMATITE » du SHOM (Homogénéisation, Evolution, Modernisation des produits de marée) lancé en 2006.

3.1 Modernisation et fiabilisation des chaînes de production

Les données de prédictions de marée devaient avant tout répondre à de nouvelles exigences, à savoir :

- de disposer d'informations mieux structurées pour un traitement électronique ;
- de faciliter leurs implémentations dans des applications ;
- d'autoriser des diffusions multi-supports (écran, papier, portable, électronique...);
- de définir des formats de données normalisés pour de multiples usages permettant aussi bien de stocker, rechercher, échanger et diffuser ;
- de rationaliser les chaînes de traitement pour une meilleure maîtrise et satisfaire en particulier les besoins de traçabilité.

Le SHOM a ainsi entrepris la modernisation de ses chaînes de production et principalement les parties concernant la génération des produits de marée. Les prédictions sont ainsi désormais calculées par un noyau unique et maîtrisé, et archivées suivant un schéma XML spécifiquement développé.

Remarque : le format XML « *eXtensible Markup Language* », recommandé par le *World Wide Web Consortium (W3C)*, s'est imposé comme un standard incontournable dans le monde de l'informatique. Il est aussi bien utilisé pour stocker des documents que pour l'échange de données. L'intérêt de ce format texte est en grande partie dû à ses qualités (universalité et extensibilité, structuration forte sous forme d'arborescence, séparation stricte entre contenu et présentation, validation du document par rapport au modèle...).

De nombreuses technologies ont été développées autour du XML et permettent donc d'utiliser ce format pour facilement

¹ Cette partie du territoire français regroupe 6 millions de résidents (1 habitant sur 10 de la France) et attire des millions de touristes chaque année (En 2007, l'IFEN (Institut Français de l'ENVironnement) estimait la capacité d'accueil des résidences secondaires, hôtels et campings à environ sept millions de lits, permettant plus qu'un doublement de population en été (13 millions de personnes au total).

lire et extraire partiellement ou totalement les informations pour différentes utilisations.

3.2 Modernisation des produits historiques

Grâce aux développements réalisés dans le cadre des projets du SHOM « HEMATITE » et « SPCO »², les annuaires et les calendriers de marées sont dorénavant mis en page et générés automatiquement en quelques minutes aux formats PDF et XHTML (HT pour *Hyper Text*), à partir des données de prédictions en XML et d'un référentiel de données annexes (texte, tableaux, cartes d'illustrations). Ceci permet un net gain de productivité (la mise en page par un opérateur demandait au préalable environ 1 mois par ouvrage), mais également un gain en terme de sécurité en diminuant les interventions manuelles.

L'organisation des annuaires de marées a également été légèrement adaptée à partir de l'édition 2010 afin de regrouper dans un même chapitre toutes les informations liées à un port (les prédictions, les corrections du port rattaché, la cote du zéro hydrographique...). Ceci permettant une diffusion numérique « à la carte » des ports de l'ouvrage.

Il faut noter que le format PDF (*Portable Document Format*) utilisé ici est parfaitement adapté pour une diffusion numérique par téléchargement ou cd-rom mais est également un format pré-press de plus en plus courant. Ces ouvrages sont directement imprimés à partir des fichiers PDF par les moyens classiques d'impression ou par copieurs.

Un autre avantage du format PDF est qu'il préserve la mise en forme de tout document source, quelles que soient l'application et la plate-forme utilisées pour le lire. Ceci contribue à la préservation même des informations de marée qui y sont portées. Enfin, le PDF est normalisé (ISO 32000-1:2008) et est donc consultable sur de très nombreux appareils communicants (ordinateurs, PDA, smartphone...).

3.3 Adaptation pour une reproduction numérique

Le format XML s'adapte parfaitement aux nouveaux besoins des clients du SHOM auxquels les précédents produits orientés vers la reproduction papier ne pouvaient plus répondre. Ainsi, les prédictions de marée sont-elles également directement délivrées au format XML aux clients et utilisées directement pour divers types de reproduction numérique :

- pages Internet et Internet Mobile ;
- panneau d'affichage (accès aux ports, horaires de passage...);
- ouvrages de compilation d'informations pour la navigation ;
- presse quotidienne (extraction de la marée du jour) ;
- application smartphone et tablettes tactiles (office du tourisme, collectivités locales...).

4. DES NOUVEAUX PRODUITS ADAPTÉS AUX BESOINS ACTUELS

Les pratiques actuelles de la navigation exploitent de plus en plus de l'électronique embarquée et des solutions informa-

² Systèmes de Production Cartes et Ouvrages. Projet de mise en place d'un système de production d'ouvrages numériques

tiques d'aide à la navigation. Les réglementations nationales se sont donc adaptées et permettent désormais l'emploi de produits numériques en remplacement de la documentation imprimée.

Dès 1983, à l'occasion du salon de la navigation de plaisance de Paris, le SHOM présentait au public un ouvrage nouveau : la « *Table des marées des grands ports du monde* » (TMGPM), permettant en quelques minutes, à l'aide d'une calculatrice programmable et sans autre document, de prédire pour toute date, la marée dans 855 ports répartis dans le monde.

En raison des performances limitées des calculatrices disponibles à cette époque, la précision ne pouvait cependant pas atteindre celle des annuaires.

4.1 Logiciel de prédiction autonome : SHOMAR

Les moyens informatiques se développant, le SHOM, dès 1991, proposait une première version DOS (*Disk Operating System*) de son logiciel de calcul des prédictions de marée : SHOMAR. Inadapté aux nouveaux systèmes d'exploitation il fut retiré du service. Pour satisfaire la demande une nouvelle version toujours baptisée SHOMAR fut cependant développée et commercialisée en 2009.

Cette nouvelle version de SHOMAR utilise les mêmes programmes de calcul que ceux utilisés pour les autres produits et services de prédictions de marée du SHOM. Elle fournit des prédictions de marées officielles pour la navigation maritime pour les ports français de métropole et d'outre-mer. D'un point de vue réglementaire, SHOMAR équivaut aux annuaires officiels des marées publiés par le SHOM.

SHOMAR permet de calculer la marée dans les principaux ports du monde (1 080 sites proposés) dont près de 150 en France métropolitaine et près de 40 sur les côtes françaises d'outre-mer (figure 3).

Chaque site est facilement sélectionnable via des listes de zones géographiques et pays, ou directement par carte. 7 options de calcul sont proposées :

- la marée du jour : heures et hauteurs des pleines et basses mers du jour accompagnées du marégramme ;
- l'annuaire des marées avec heures et hauteurs des pleines et basses mers ;
- l'annuaire des marées avec heures des pleines et basses mers et coefficients ;
- la hauteur d'eau à une heure donnée ;
- le marégramme (représentation graphique de la marée) ;
- les heures pour lesquelles une hauteur d'eau est atteinte ;
- la hauteur d'eau à un pas de temps donné (60, 30 et 15 minutes).

Ce logiciel propose également deux solutions d'export en PDF et CSV (*Comma-Separated Value*) fichier texte tabulé, avec séparateur virgule pour une réutilisation des données calculées.

Chaque édition du logiciel SHOMAR est valable pendant deux ans. Ainsi, l'édition 2011-2012 permet de calculer des prédictions de marées jusqu'au 31 décembre 2012. Elle permet de réaliser des calculs dans le passé jusqu'au 01/01/1700 sans cependant tenir compte des variations du niveau moyen. De plus, SHOMAR est bilingue (français et anglais).

4.2 E_navigation et logiciels de navigation

De nombreux logiciels de navigation, homologués ECDIS³ ou orientés vers la plaisance, possèdent des noyaux de calculs de prédictions de marée. Ces derniers peuvent être issus de codes sources gratuits utilisant des constantes harmoniques en nombre très réduit d'ondes, ou parfois trop anciennes et non mises à jour.

Le logiciel SHOMAR repose en revanche, comme les autres produits et services de marée du SHOM, sur un noyau de calcul unique et des constantes harmoniques millésimées, mises

³ Acronyme anglais de Electronic Charts Display Information System correspondant à un système de visualisation des cartes électroniques et d'information.

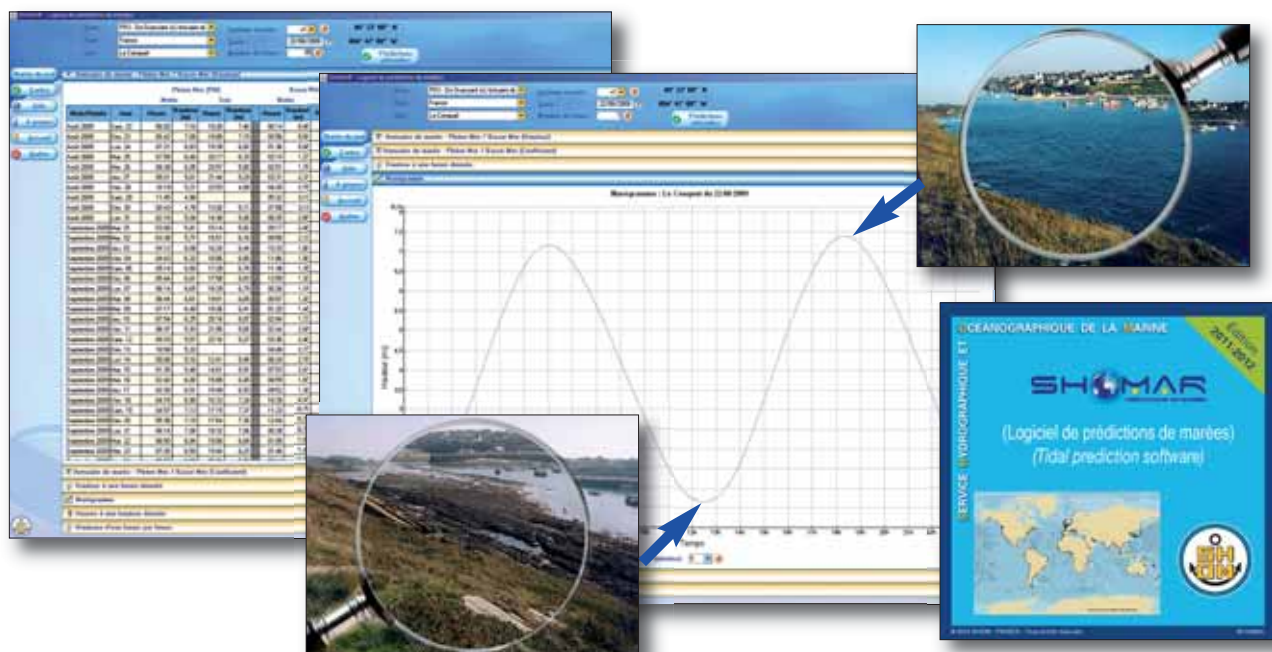


Figure 3 : Le logiciel SHOMAR

à jour annuellement et prenant en compte les informations d'amplitude et de phase pour 143 ondes. Les prédictions sont donc calculées avec une précision de quelques centimètres pour les hauteurs et de quelques minutes pour les heures. Il peut ainsi résulter de larges écarts entre les marées officielles diffusées par le SHOM et celles affichées par certains logiciels ; les différences pouvant atteindre pour certains d'entre eux, jusqu'à 1 heure et 1 m dans certains cas pour les côtes de France.

Afin de garantir aux navigateurs des prédictions de marées officielles et fiables, le SHOM propose aux industriels d'intégrer le noyau de calcul SHOMAR ainsi que les constantes harmoniques par lots millésimés dans les logiciels de navigation. Depuis 2010, le logiciel ScanNav propose ainsi à ses utilisateurs des prédictions de marée issue du noyau de calcul SHOMAR (figure 4).

4.3 Les nouveaux modes de diffusion à destination du grand public

4.3.1 La diffusion de l'information par Internet

Afin d'assurer son rôle de service public et fournir un accès rapide et facile à l'information de marée (généralement limitée à une simple consultation des horaires) à l'ensemble des usagers de la mer, le SHOM se devait de suivre les évolutions technologiques des moyens de communication.

L'Internet offrant un moyen de diffusion idéal et l'accès au haut débit se démocratisant, dès 1996, le SHOM mis à disposition sur son site Internet (www.shom.fr) un service gratuit de prédictions de marées pour plus de 1 000 sites répartis dans le monde entier. Il propose les mêmes fonctionnalités que SHOMAR.

Ce service est actualisé en 2011 afin d'enrichir le nombre de sites proposés et le rendre plus accessible et moderne. Il permet alors de visualiser des prédictions sur une durée de 7 jours au choix sur l'année en cours (figure 5).

4.3.2 Les nouvelles technologies des médias mobiles

Plus récemment et parallèlement à l'expansion de l'accès à Internet, l'usage d'applications mobiles s'est considérablement développé⁴. L'arrivée des tablettes tactiles de deuxième génération devrait d'autre part offrir un nouveau débouché à ces applications mobiles.

Le type de clientèle concerné souhaite en effet avoir accès à une information de marée fiable rapidement et à tout endroit (plages, zone de pêche à pied, en balade...) à portée de main!

Le SHOM étudie actuellement le développement d'applications de prédictions de marée pour smartphones et tablettes tactiles de type iPhone et iPad ainsi que les produits utilisant le système d'exploitation Android

Ce nouveau service doit permettre de visualiser facilement et rapidement sous différentes formes (tableaux, graphiques...),

⁴ Le nombre de clients équipés de mobiles de troisième génération (3G) ayant accès à l'internet mobile devrait atteindre 46 millions de personnes en France en 2012, selon l'Idate, contre 16 millions en 2009.

les prédictions de marée d'une année pour différents sites. Les prédictions de marée disponibles dans un premier temps concerneront les zones suivantes :

- Europe de l'Ouest : la France métropolitaine et ses alentours⁵ immédiats (Irlande, Grande-Bretagne, Belgique, Hollande, Allemagne, Espagne, Portugal, Italie) ;
- Les territoires français d'outre-mer et leurs alentours.

5. LE SOUTIEN AUX POLITIQUES PUBLIQUES MARITIMES ET LITTORALES (PPML)

L'évolution institutionnelle du SHOM en Etablissement Public à caractère Administratif, a vu l'émergence d'une nouvelle mission de soutien et de fourniture d'information de marée pour de nouveaux clients professionnels (bureau d'étude en environnement, aménageurs portuaires, organismes d'états, ministères, collectivités locales...).

Face aux demandes croissantes, initialement fournies sous forme de prestations à façon, le SHOM met en place progressivement une nouvelle série de produits et services spécifiques.

5.1 Prédictions en tout points

Bien que la répartition géographique des sites proposés dans SHOMAR couvre déjà les principaux ports et zones littorales du monde, ces prédictions même extrapolées peuvent ne pas être suffisantes en précision pour des applications de modélisation ou de réduction de sondages bathymétriques, dans certaines régions du monde où peu d'observations de marées sont disponibles, ou encore au large des côtes.

Basé sur le modèle de marée à l'échelle mondiale diffusé par le LEGOS (Laboratoire d'Etude en Géophysique et Océanographie Spatiale) et la base de données de constantes harmoniques du SHOM comptant près de 5 600 sites, le programme Marmonde permet pour n'importe quel point du globe, identifié par ses coordonnées géographiques de calculer les constantes harmoniques en ce point, par interpolation et en tenant compte du trait de côte et d'une pondération fonction de l'origine des données. Les résultats sont affectés d'un indice de confiance.

Il permet également de générer un modèle de marée local par

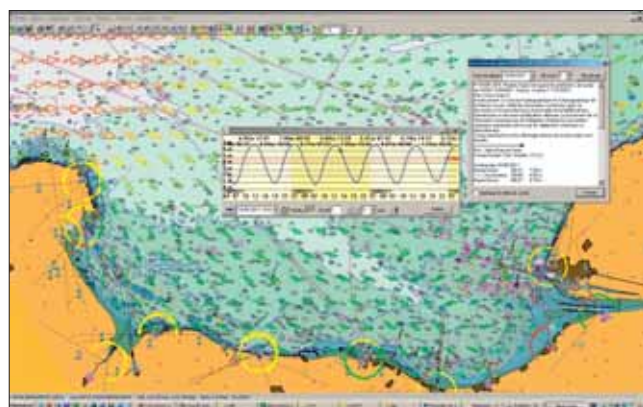


Figure 4 : Vue du Logiciel ScanNav montrant les courants de marée du SHOM sur un fond de carte électronique de type ENC⁶ et la marée issue du noyau de calcul SHOMAR intégré.

⁵ Le service ne peut être limité aux sites français. Notamment dans les zones frontalières ou d'outre-mer, où les utilisateurs voyagent dans les sites étrangers à proximité (exemple : golfe Normand-Breton — jersey...). Ainsi, la même mention que pour SHOMAR sur les « prédictions officielles » sera mise en place.

⁶ Acronyme anglais de Electronic Navigational Chart correspondant à carte électronique de navigation.

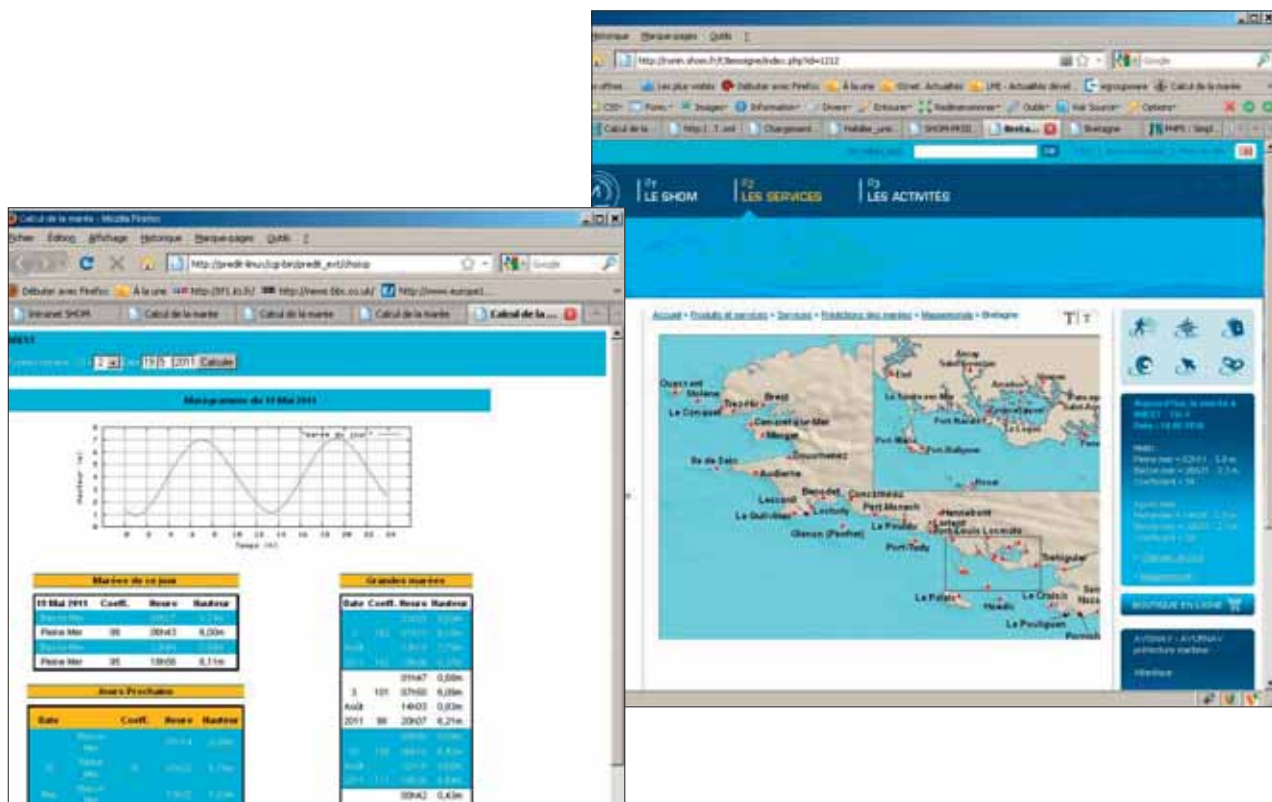


Figure 5 : Le service de prédiction de marée sur le site Internet du SHOM : la nouvelle version de 2011.

interpolation de l'ensemble ou partie des données de constantes harmoniques (figure 6).

Encore à l'état de développement scientifique, Marmonde doit prochainement (prévu en 2013) être industrialisé pour une utilisation opérationnelle. Parallèlement, les données de constantes harmoniques à l'échelle mondiale sont en cours de consolidation et d'actualisation par zone géographique permettant d'ors et déjà de créer des modèles de marée locaux.

Ce type de prédiction peut être actuellement réalisé, sur demande auprès du bureau prestation du SHOM (bp@shom.fr).

5.2 Niveaux caractéristiques de la marée et cote du zéro hydrographique

En un lieu donné (dans les zones placées sous la responsabilité de la France), le zéro hydrographique est choisi de telle façon à être toujours voisin du niveau des plus basses mers astronomiques. Comme le zéro du nivellement terrestre, ce zéro hydrographique est défini par rapport à des repères matériels, disposés au voisinage immédiat des emplacements où ont été effectuées des observations de marée.

De façon à rendre disponible cette information, et conformément au décret N° 2006-272 du 3 mars 2006⁷, le SHOM diffuse sur son site Internet depuis 2008 le produit « Références Altimétriques Maritimes » (RAM). Celui-ci propose pour les sites où l'information est disponible :

- les cotes du zéro hydrographique : il s'agit ici de fournir la position du zéro hydrographique par rapport à un repère fon-

⁷ Décret portant application de l'article 89 de la loi no 95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics.

damental ainsi que la cote de ce dernier, par rapport à un référentiel altimétrique terrestre (par exemple IGN69 en France métropolitaine) et un ellipsoïde (GRS80). Ces informations sont primordiales pour les bureaux d'étude réalisant des levés hydrographiques afin d'utiliser le zéro hydrographique en vigueur. Elles permettent d'autre part de relier les zéros terrestre et marin, ce qui est indispensable notamment pour des aménagements portuaires, ou pour la détermination des limites du domaine public maritime ;

- les niveaux caractéristiques de la marée pour chaque port référencé : il s'agit de fournir les différents niveaux calculables de la marée (exemple : les niveaux des plus hautes et bases mers astronomiques, le niveau moyen ...). Ceux-ci sont particulièrement utiles aux géomètres, aux entreprises de travaux public, notamment lors de travaux maritimes où les hauteurs d'eau atteintes dans différentes conditions de marée permettront de calibrer les ouvrages ou structures ou de planifier des interventions en fonction de la marée ;
- les dates de mise à jour des constantes harmoniques : ceci permet d'indiquer aux clients ayant acquis des constantes harmoniques ou des prédictions de marée à long terme que celles-ci doivent être réactualisées.

5.3 Niveaux extrêmes

Le SHOM et le CETMEF (Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales) se sont associés pour le calcul et la réalisation d'un produit sur les « statistiques des niveaux marins extrêmes »⁸. Celui-ci synthétise les résultats de traitements statistiques des niveaux marins extrêmes de pleines et

⁸ Voir dans cette même annale l'article de Lucia Pineau-Guillou « Niveaux marins extrêmes de pleine et basse mer en Manche et Atlantique »

basses mers pour les périodes de retour 10, 20, 50 et 100 ans aux abords des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique. Les données y sont fournies sous forme de graphiques et de cartes.

- pour l'établissement notamment des plans de prévention des risques littoraux.

5.4 Prestations à façon

Les demandes spécifiques non couvertes par les produits catalogués sont honorées sous forme de prestations à façon (exemple : prédictions à long terme, prédictions dans le futur pour la planification d'évènements, prédictions à partir de constantes harmoniques spécialement générées...). Le point d'entrée de ces sollicitations est : bp@shom.fr.

Une version « professionnelle » du logiciel SHOMAR est actuellement à l'étude afin notamment d'y ajouter des fonctionnalités spécifiques et répondant à certains de ces besoins plus particuliers de prédictions.

6. CONCLUSION

Grâce à ces développements initiés en 2006, le SHOM offre aujourd'hui un éventail très large de produits et services de marée fiables cohérents et adaptés aux besoins des différents usagers de la mer et utilisant de multiples vecteurs de communication, y compris les plus récents. Le SHOM poursuit néanmoins ses efforts pour répondre aux nouveaux besoins de ses clients en restant à leur écoute tout en suivant les évolutions des technologies et des usages dans les domaines de la navigation, du littoral, de la communication...

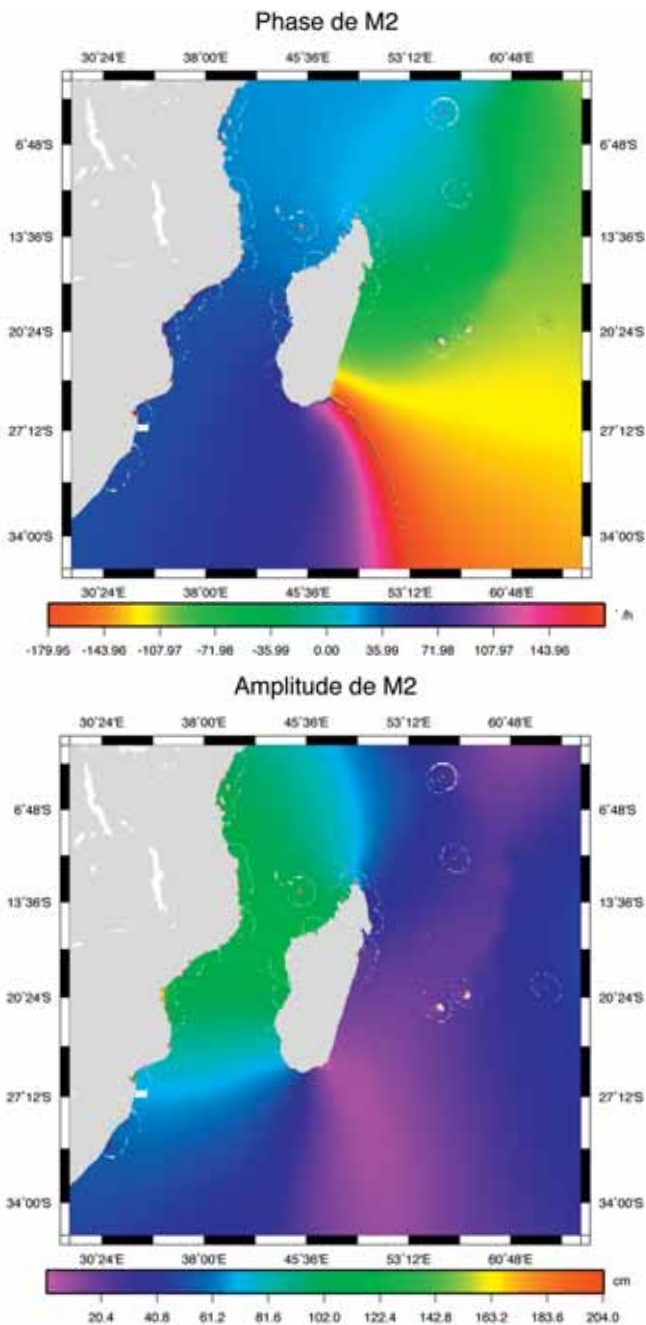


Figure 6 : Exemple de modèle de marée (amplitude et phase de l'onde M2⁹) aux alentours de Madagascar.

Ce produit est complémentaire des «Références Altimétriques Maritimes », et permet de répondre aux sollicitations :

- des préfectures ou des ministères lors de catastrophes naturelles (exemple : tempêtes Lothar en 1999 et Xynthia en 2010, sur les côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique) ;
- lors d'études portant sur les risques littoraux ;
- pour tout aménagement littoral ou portuaire ;

⁹ L'onde M2 est une des composantes principales de la marée avec S2, O1, K1 et correspond à la marée générée par la « Lune moyenne »