



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



JUMO

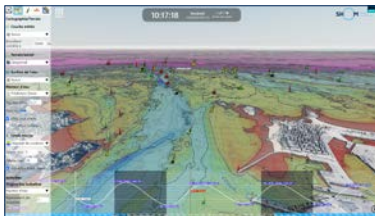
Jumeau Numérique - Répliques virtuelles
et dynamique des approches portuaires.

Construit sur une architecture web et des
moteurs graphiques 3D pour offrir une
interaction avancée et ainsi combiner,
appréhender, se projeter, anticiper,
maîtriser, exploiter, optimiser.

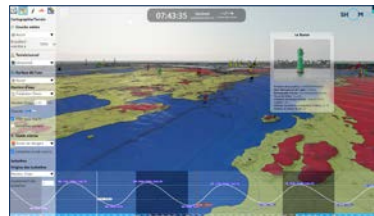


Prototype Shom de jumeau numérique pour la navigation - zone de Saint-Malo - navigation dans l'espace et dans le temps - visualisation des hauteurs d'eau prédites

NOUVELLES CAPACITÉS D'EXPLOITATION DES DONNÉES POUR ANALYSER



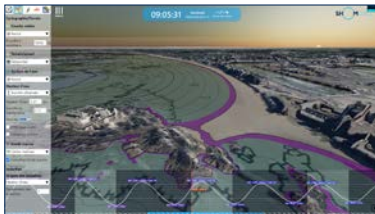
Visualisation dynamique de la bathymétrie



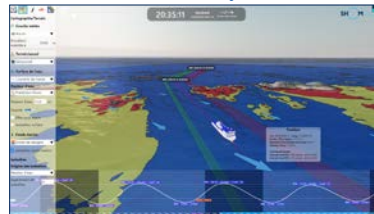
Intégration des données de références
maritimes : ballastage



Explorer et s'approprier les approches maritimes



Observer les hauteurs d'eau mesurées - représenter la surcote observée



Rejouer une situation nautique

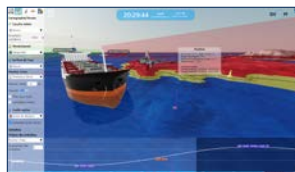


Récupération des informations de data.shom.fr - Océanogramme de prévisions

PLANIFIER



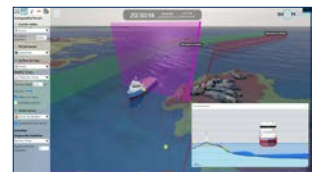
Importer sa route de navigation pour préparer son arrivée



Faire ressortir les dangers pour la navigation en fonction des caractéristiques de son navire

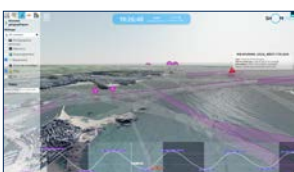


Observer les espaces disponibles à proximité des dangers



Combiner les visualisations 2D et 3D dynamiques pour une perception complète des espaces

SUPERVISER



Récupération et intégrations des informations nautiques issues de PING



Combiner flux vidéos et réplique virtuelle



Récupération et intégrations des informations AIS



Visualisation de la situation nautique avec les informations AIS

LA FICHE D'OBSERVATOIRE DE MARÉE (FOM)

La FOM rassemble les informations indispensables au suivi d'un observatoire : référentiels altimétriques, instrumentation, documentation du site et conditions d'accès.

Elle constitue un outil de traçabilité, de contrôle et de pérennisation des mesures du niveau de la mer.

1

PÉRENNISER LE ZÉRO HYDROGRAPHIQUE



Le nivellement permet de pérenniser le zéro hydrographique matérialisé par des repères terrestres.

CE QUE CELA APORTE :

- ✓ Rattacher le zéro hydrographique aux références altimétriques légales
- ✓ Garantit la comparabilité des données dans le temps.
- ✓ Permet de détecter d'éventuels mouvements du sol
- ✓ Sécurise la pérennité du référentiel local



2

CONTRÔLER LA QUALITÉ DES MESURES



Contrôler les données du capteur in-situ avec les données d'un instrument installé temporairement.

CE QUE CELA APORTE :

- ✓ Vérifie le bon fonctionnement des capteurs.
- ✓ Contrôle le calage vertical des mesures.
- ✓ Garantit la fiabilité des séries de hauteur d'eau.



3

RATTACHER L'OBSERVATOIRE À UNE RÉFÉRENCE MONDIALE



Effectuer des observations GNSS pour rattacher l'observatoire à l'ellipsoïde terrestre, et disposer d'une référence géodésique globale.

CE QUE CELA APORTE :

- ✓ Fournit une référence altimétrique absolue.
- ✓ Permet de suivre la stabilité verticale du site.
- ✓ Complète le suivi géodésique de l'observatoire.



FOM

4

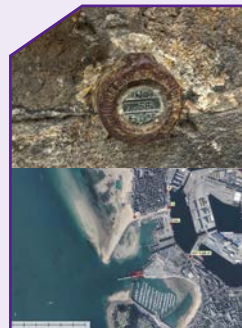
DOCUMENTER L'OBSERVATOIRE ET FACILITER LES INTERVENTIONS



Constituer une documentation complète sur les repères, les instruments, l'environnement du site, les accès et les contacts utiles.

CE QUE CELA APORTE :

- ✓ Photos, descriptions et situations géographiques des repères et installations.
- ✓ Conserve la mémoire technique du site ;
- ✓ Facilite les interventions, la maintenance et les opérations de terrain ;
- ✓ Aide à interpréter les données dans leur contexte réel.



UNE FOM NE SE LIMITE PAS À DÉCRIRE UN OBSERVATOIRE : ELLE GARANTIT LA TRAÇABILITÉ DU RÉFÉRENTIEL, LA QUALITÉ DES MESURES ET LA CONTINUITÉ DES OBSERVATIONS DANS LE TEMPS.

Pour toute question, remarque, commentaire, n'hésitez pas à nous contacter à l'adresse suivante : refmar@shom.fr



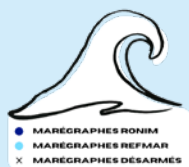


RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



COORDINATION REFMAR



1 FRANCE HEXAGONALE ET CORSE

125 marégraphes

Fromentine,
Barre-de-Monts

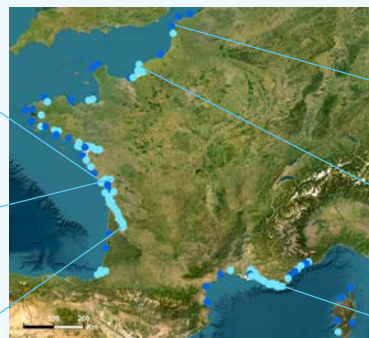
Orbital-Hydro-Navis

Pont du Brault,
Charron

VIGICRUES

Bassens

PORT



Boulogne-sur-Mer

SHOM



Fatouville

BAROPA



Giens

mio

HYDRA-MET

2 ZONES SOUS JURIDICTION NATIONALE

173 marégraphes



Mata Utu
(Wallis)



Sainte-Marie
(La Réunion)

SHOM



Kerguelen
(TAAF)

SHOM

3 POLYNÉSIE FRANÇAISE 13 marégraphes



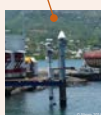
Rikitea
(Îles Gambier)

UPF



Papeete
(Tahiti)

SEA LEVEL CENTER



4 ANTILLES & GUYANE 14 marégraphes

Deshaies
(Guadeloupe)

PORT



Le Robert
(Martinique)

PORT



Ilet la Mère
Guyane

PORT



5 NOUVELLE- CALÉDONIE 8 marégraphes



Nouméa
(Grande Terre)

SHOM



Maré
(Îles Loyauté)

SHOM



refmar.shom.fr



data.shom.fr

CERTIFICATION CORETRUSTSEAL DES MESURES MARÉGRAPHIQUES REFMAR

Valérie Cariou ⁽¹⁾, Romain Lhullier ⁽¹⁾, Nicolas Pouvreau ⁽¹⁾, Louis Girard ⁽¹⁾, Maélys Liseron-Monfils ⁽²⁾

⁽¹⁾ Shom - ⁽²⁾ Université de Lyon



Le Shom a obtenu en juin 2025 la certification **CoreTrustSeal**, **entrepôt de données digne de confiance** (*Trustworthy Data Repository*) pour le périmètre des données in situ « Observatoires permanents du niveau de la mer », collectées par le réseau RONIM (Réseau d'Observation du Niveau de la Mer) et les réseaux partenaires REFMAR.

1 POURQUOI RECHERCHER LA CERTIFICATION CORETRUSTSEAL ?

Garantir la fiabilité et la durabilité des dépôts de données, l'archivage et le partage à long terme des données.

COMMENT ?

- ✓ Cadre commun fourni par la Research Data Alliance (RDA)
- ✓ Évaluation selon différents niveaux de conformité de l'entrepôt de données

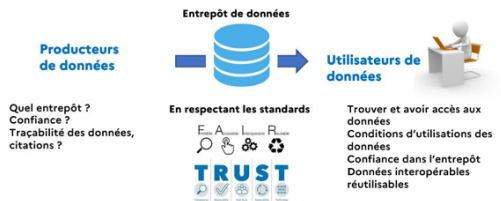


LES PRINCIPES
FAIR



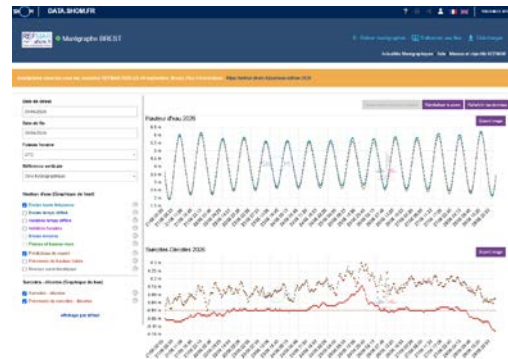
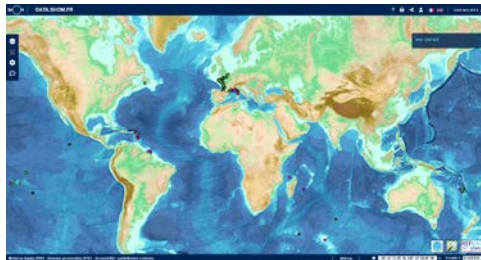
16 critères d'évaluation organisés en 3 thèmes :

- ✓ Infrastructure organisationnelle
- ✓ Gestion des objets numériques (méta-données et données)
- ✓ Technologie (Infrastructure technique et sécurité de l'entrepôt)



2 PÉRIMÈTRE DE LA CERTIFICATION CTS AU SHOM

Observations du niveau de la mer coordonnées par REFMAR et diffusées sur data.shom.fr



3 INTÉRÊT DE LA CERTIFICATION CORETRUSTSEAL ?

- ✓ Gage de qualité
- ✓ Confiance pour les producteurs et utilisateurs de données
- ✓ Partage de bonnes pratiques
- ✓ Application des principes
- ✓ Gains en performance : interopérabilité
- ✓ Découverte des données et citation améliorées
- ✓ Pratiques et processus améliorés



Travaux de certification réalisés dans le cadre du projet COPILOTE (CertificatiON Pôle Océan), financé par ANR Flash

« Science ouverte : pratique de recherche et données ouvertes » et coordonné par le pôle ODATIS



refmar.shom.fr data.shom.fr

JUMEAU NUMÉRIQUE DE L'IMPACT MULTI-ÉCHELLE DES SUBMERSIONS MARINES

UN DÉMONSTRATEUR SUR LES CÔTES DE L'HEXAGONE



1 PROBLÉMATIQUE

Le risque grandissant de submersion marine, amplifié par le changement climatique, oblige à **des approches innovantes pour évaluer les conséquences** sur les populations et les infrastructures côtières.

Le concept de jumeau numérique offre une approche intégrée, fondée sur une **représentation exhaustive et détaillée par les observations et une modélisation multi-échelle des aléas marins**.

2 CADRE MÉTHODOLOGIQUE



Une réplique numérique du littoral - "what-now" :

« Moissonner » et intégrer en continu des observations océaniques et terrestres multi-capteurs, pour une **description « haute fidélité »** du littoral.



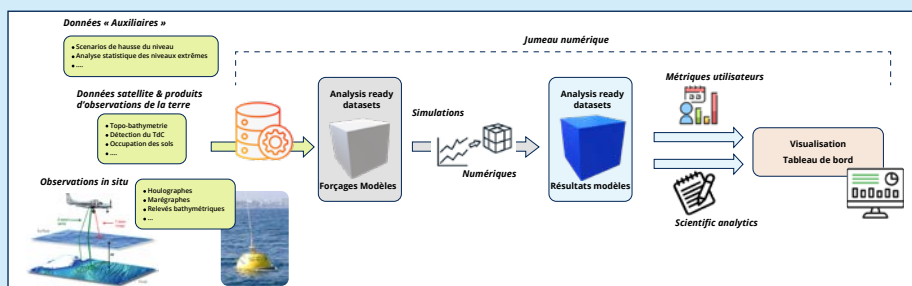
Des capacités de prévision - "what-next" :

Simuler les conditions de « submersibilité » et leurs impacts grâce à une **modélisation avancée de l'évolution** spatiale et temporelle du niveau d'eau et des vagues, en mer, au trait de côte et à terre.



Une interactivité poussée avec l'utilisateur - "what-if" :

Capacité pour l'utilisateur (spécialiste et/ou décideur) **d'analyser les impacts et de tester des événements et scénarios extrêmes**.



3 UN DÉVELOPPEMENT PILOTÉ PAR LE BESOIN UTILISATEUR SELON 2 CAS D'USAGE

CU-1 : Évaluer de manière opérationnelle les impacts d'un événement de submersion marine prévu

- Exploitation à la demande et en routine d'une **chaîne de modélisation à haute résolution** sur la zone d'intérêt de l'utilisateur.
- Calcul à la demande et en routine d'**indicateurs et de métriques** décrivant les impacts de la submersion marine à partir de prévisions.
- **Caractérisation statistique** de l'événement ou de la situation.
- **Visualisation et comparaison** de l'ensemble des résultats avec les observations (commun avec CU-2).

CU-2 : Simuler la vulnérabilité d'une zone côtière à la submersion marine dans un contexte d'élévation du niveau de la mer

- **Exploitation et analyse d'un niveau d'eau extrême** donné à partir d'une projection climatique d'élévation du niveau de la mer et/ou d'une période de retour donnée.
- **Réanalyse d'événements de tempête** actuels en prescrivant une élévation du niveau de la mer.

4 POINTS FORTS

L'expertise du Shom en modélisation hydrodynamique multi-échelle et en prévision opérationnelle qui s'appuie sur la maîtrise de :

- La **suite de modèles Tolosa** : modèle Shallow Water (TolosaSW) et modèle à phase résolue (TolosaLCT).
- WaveWatch III® : modèle spectral de propagation des vagues.

Une recherche partenariale volontariste :

- Projet **mené avec le CNES** dans le cadre des projets **Digital Twin Factory**.
- Opportunités d'**intégration dans JUNN** (Jumeau Numérique de la France et des Territoires).



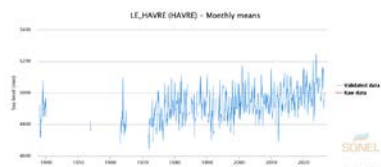
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

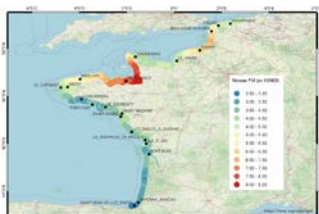


POURQUOI MESURER LA HAUTEUR DE LA MER ?

ÉVOLUTION DU NIVEAU DE LA MER Indicateur de changement climatique



VALEURS EXTRÊMES

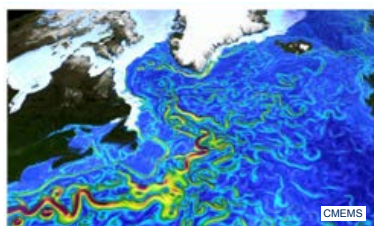


Estimation des valeurs extrêmes de niveau d'eau
Littoral métropolitain, 2022



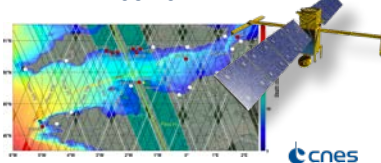
MODÉLISATION POUR PRÉVOIR L'OCÉAN

Service européen de surveillance des océans



CMEMS

CALIBRATION ET VALIDATION DES ALTIMÈTRES RADAR EMBARQUÉS SUR SATELLITE



Turki et al (2025), JAG, fig. 1



refmar.shom.fr



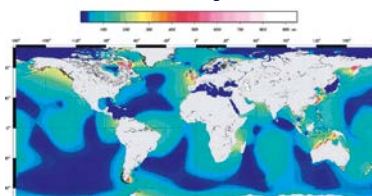
refmar.shom.fr
data.shom.fr

PRÉDICTIONS DE MARÉE

<https://diffusion.shom.fr/marees/horaires-des-marees.html>



ÉTUDES DES MARÉES Marnage



SYSTÈMES D'ALERTE AUX TSUNAMIS



Zones de surveillance
du Centre national d'alerte
aux Tsunamis (CENALT)

SÉCURITÉ DE LA NAVIGATION



VIGILANCE VAGUES-SUBMERSION



© Port du Conquet - Shom 2014



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

SHOM



Depuis octobre 2011.

data.shom.fr

JOURNÉES REFMAR

 **26**
 nations
 représentées

 **650+**
 participants
 cumulés

 **4**
 Éditions
 depuis 2013

2013

 Paris



 **120**
 participants

 **7**
 nations
 représentées

2016

 Paris



 **170**
 participants

 **17**
 nations
 représentées

2019

 Paris



 **160**
 participants

 **9**
 nations
 représentées

  #JR2019

2022

 Brest



 **125**
 participants
90
 en distanciel

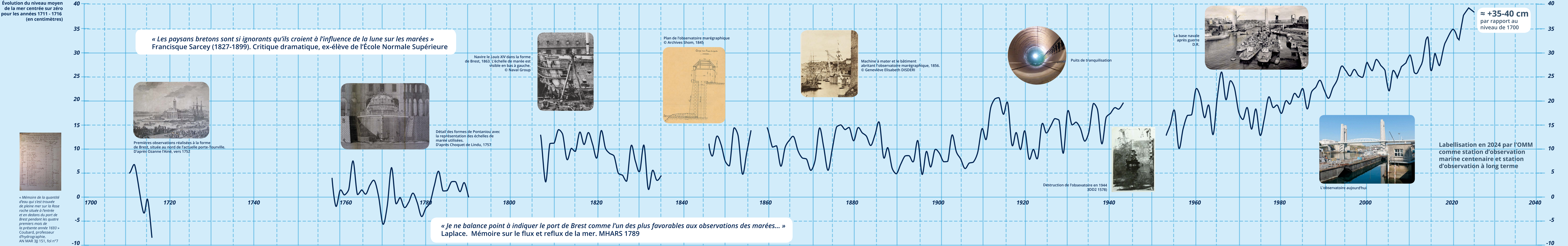
 **13**
 nations
 représentées

  #JR2022

300 ans d'observations du niveau de la mer à Brest

Évolution du niveau de la mer à Brest depuis 1711 (2025-08). ©Shom - N. Pourreau

Évolution du niveau moyen de la mer centrée sur zéro pour les années 1711 - 1716 (en centimètres)



Instruments de mesure

Échelle de marée

Observations de pleines mers AS, pochette de séance du 31/01/1781

Échelle de marée flottante d'après Cassini, MHARS 1710

Marégraphe conçu par Chazallon

Marégramme obtenu grâce au marégraphe

Marégraphe à tambour OTT 3068 modèle 10030

Premiers instruments numériques

Applications marégraphiques

1687 : Newton
Étude de la gravité des corps célestes
Bases théoriques permettant la compréhension du phénomène de marée

1740 :
Premières recherches académiques sur les marées

1775 : Laplace
Théorie dynamique de la marée
Utilisée jusqu'en 1992 au Shom pour le calcul des prédictions de marée à Brest

1816 : levé bathymétrique en rade de Brest. Extrait du Pilote français, Shom.

Levé bathymétrique
Les profondeurs indiquées sur les cartes marines sont corrigées de la marée grâce aux observations. Définition du zéro hydrographique

1839 :
Premier annuaire des marées

«L'ondulation de la marée dans un port suit la loi des cordes vibrantes»
Antoine Marie Rémi Chazallon (1802-1872)

1885-1897 :
Détermination du zéro des altitudes terrestres en France continentale au marégraphe de Marseille

1920-1930 :
Premières études scientifiques sur l'évolution du niveau moyen de la mer et ses origines
(Lallemand, Prévôt, Vignal, Légrand - France Doodson, Proudman - UK)

1992 :
Validation des altimètres embarqués sur satellite

21^e siècle : Calcul des niveaux extrêmes (surcotes atmosphériques)
2010 : systèmes d'alerte : aux tsunamis, vigilance vagues-submersion



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



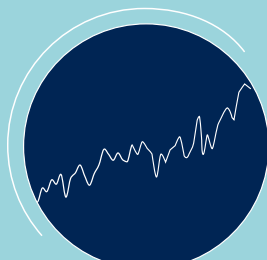
Brest

*Le port où le niveau de la mer est observé
depuis l'époque du roi Louis XIV*

**Une série d'observations exceptionnelle qui montre
une augmentation du niveau de la mer
d'environ 40 cm en 300 ans.**

*Les variations interannuelles sont principalement liées à des
phénomènes météorologiques régionaux. Le pic de 2013 résulte
d'une série de dépressions atmosphériques, qui ont mécaniquement
élevé le niveau moyen de la mer.*

*Certaines données n'ont pas été retrouvées entraînant des lacunes
entre la fin du XVIII^e et le début du XIX^e siècle, ainsi qu'une absence
d'observations entre 1717 et 1755.*



Évolution du niveau de la mer



Échelle de marée



marégraphe mécanique
à flotteur



capteur radar



Première ouverture au public en 2016

1711 : mesures lues sur une échelle de marée.

1846 : marégraphe mécanique à flotteur.

1944 : destruction de l'observatoire.

1949 : reconstruction sous sa forme actuelle.

1992 : premier instrument numérique : (capteur ultra-son).

2000 : remplacement par un capteur radar.

2008 : transmission en temps réel des données.

2011 : diffusion des données sur data.shom.fr

2016 : première ouverture au public lors des Fêtes maritimes.

2024 : labellisation par l'OMM comme station marine centenaire
et station d'observation à long terme.

refmar.shom.fr



data.shom.fr

En savoir plus





RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Le Shom est le référent national pour l'observation in situ du niveau de la mer sur l'ensemble des zones sous juridiction française. Sous le vocable **REFMAR observation du niveau de la mer**, il assure différentes fonctions de coordination en matière de collecte et de diffusion des données publiques relatives à l'observation du niveau de la mer, de manière à promouvoir leur utilisation pour de multiples applications.

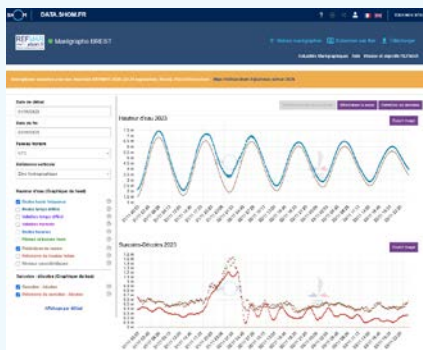
PORTAIL EDITORIAL

refmar.shom.fr



ACCÈS AUX OBSERVATIONS

data.shom.fr/donnees/refmar



REFMAR,
sous pilotage du
Secrétariat général de la mer



reçoit le soutien de
plusieurs ministères



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

MISSIONS

REFMAR.shom.fr
Réseaux marégraphiques français

COLLECTER



DIFFUSER



ARCHIVER



DÉFINIR
les réseaux d'observation
du niveau de la mer ;

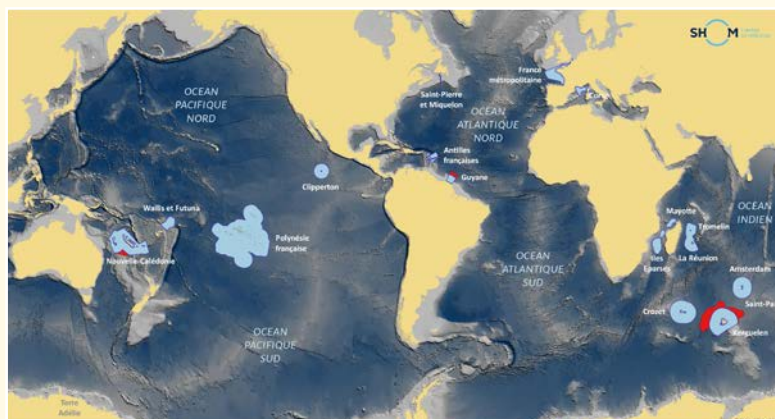


PROMOUVOIR
les normes internationales
(GLOSS) ;



CONTRIBUER
à la représentation
de la France.

COMPÉTENCE DE REFMAR SUR L'ENSEMBLE DES ZONES SOUS JURIDICTION NATIONALE



LES PARTENAIRES



refmar.shom.fr



data.shom.fr



LES RÉFÉRENCES VERTICALES MARITIMES



Le Shom entretient et diffuse les informations relatives aux cotes des zéros hydrographiques (ZH ou zéros des cartes marines) dans les systèmes de référence verticale légaux, des ports de France métropolitaine et d'outre-mer, conformément au décret n°2019-165 du 5 mars 2019.



Le Shom définit et met à disposition la cote du ZH pour chaque port et les niveaux caractéristiques de la marée par le biais de l'ouvrage RAM « Références Altimétriques Maritimes » dont la dernière édition date de 2025.



Le produit BathyElli fournit une représentation surfacique de ces références verticales pour l'ensemble des côtes de la France métropolitaine.



Carte des zones de marée sur les côtes françaises métropolitaines

1

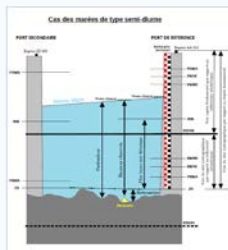
RÉFÉRENCES ALTIMÉTRIQUES MARITIMES (RAM)



INFORMATIONS CONTENUES DANS LE RAM
Niveaux caractéristiques de la marée exprimés par rapport au ZH (pour les marées de type semi-diurne) :



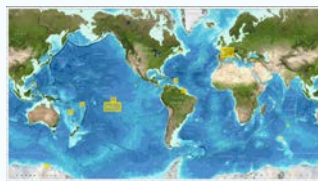
- le nom du port, ses coordonnées
- l'établissement moyen
- la date de détermination des composantes harmoniques (date du NM)
- le niveau des plus hautes mers astronomiques (PHMA)
- le niveau des pleines mers de vives-eaux (PMVE)
- le niveau des pleines mers de mortes-eaux (PMME)
- le niveau moyen de la mer (NM)
- le niveau des basses mers de mortes-eaux (BMME)
- le niveau des basses mers de vives-eaux (BMVE)
- le niveau des plus basses mers astronomiques (PBMA)



Port	Nom_sans_type	Lat.	Long.	Et.	Année CH	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Dieppe		49 56 N	01 05 E	10.73	2022	10.37	09.50	07.50	05.08	02.70	00.95	00.07
Abords de Dieppe												
Le Tréport		50 04 N	01 22 E	10.81		10.31	09.50	07.50	05.05	02.60	00.90	00.10
Saint-Valéry-en-Caux		49 53 N	00 43 E	10.54		09.59	08.85	07.00	04.72	02.45	00.75	-0.05

Références altimétriques maritimes :

- les informations du repère fondamental (nom, organisme gestionnaire)
- l'année de détermination de la cote du repère fondamental par rapport au système altimétrique légal (Ref)
- la cote du repère fondamental par rapport au zéro hydrographique (RF/ZH)
- la cote du repère fondamental dans le système altimétrique légal (RF/Ref)



Secteur géographique couvert par le RAM 2025 (GEBCO 2014)

- la cote du ZH par rapport à l'ellipsoïde GRS80 (ZH/Elli)
- le système altimétrique légal (Ref)

Nom	Repère fondamental	Origine	Date	RF/ZH	RF/Ref	ZH/Ref	ZH/Elli	Ref
Dieppe	N.C.F3-2	IGN	2013	10.330	5.876	-4.454	39.71	IGN69
Abords de Dieppe								
Le Tréport	N.C.N3P3-3	IGN	2013	10.053	5.521	-4.532	39.57	IGN69
Saint-Valéry-en-Caux	NIV-240	IGN	1998	14.895	10.620	-4.275		IGN69

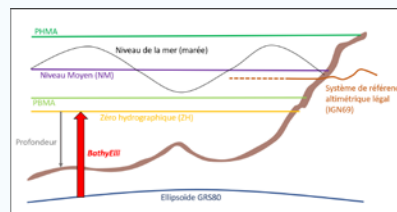
2

SURFACES DE RÉFÉRENCES VERTICALES BATHYELLI

BathyElli (Bathymétrie rapportée à l'Ellipsoïde) fournit une représentation surfacique continue des références verticales sur l'ensemble des côtes de la France métropolitaine et complète le produit RAM.

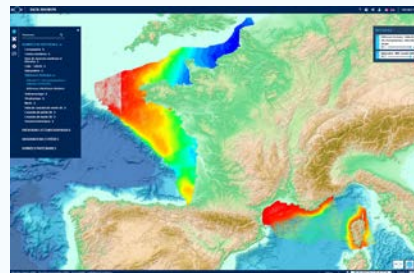


Le produit « Surfaces BathyElli v2.1 » contient la réalisation de la hauteur ellipsoïdale des niveaux caractéristiques de la marée par rapport à l'ellipsoïde GRS80 du système géodésique RGF93 à la date de référence du 1^{er} janvier 2000.



Les surfaces disponibles pour la zone Manche/Atlantique et Méditerranée correspondent aux :

- niveaux des PHMA : « BathyElli PHMA / ell. »
- niveaux moyens de la mer (NM) : « BathyElli NM / ell. »
- niveaux des PBMA : « BathyElli PBMA / ell. »
- niveaux de la référence verticale maritime ZH de chaque zone de marée : « BathyElli ZH / ell. »





RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



ACCOMPAGNEMENT DU SHOM

POUR L'OBSERVATION DU NIVEAU DE LA MER

Une des conséquences du réchauffement climatique est la **montée du niveau marin moyen**. Cette élévation augmente les risques de submersion marine, d'inondations et d'érosion.

La mesure du niveau de la mer permet d'**acquérir** la connaissance, de mieux **prévoir** et d'**adapter** les infrastructures afin de protéger les populations et les écosystèmes.



LE SHOM RÉFÉRENT NATIONAL POUR LE NIVEAU DE LA MER

Les données relatives aux marégraphes français actuellement accessibles sur



une expertise reconnue dans le domaine de l'installation, du contrôle et de l'entretien des marégraphes, ainsi que dans la collecte des données, leur mise en forme, leur traitement, leur archivage et leur diffusion en temps réel.

POUR LES ORGANISMES ET LES COLLECTIVITÉS SOUHAITANT S'ÉQUIPER D'UN OBSERVATOIRE MARÉGRAPHIQUE

LE SHOM, GESTIONNAIRE D'UN RÉSEAU DE 50 MARÉGRAPHES, PEUT VOUS ACCOMPAGNER POUR

- ✓ Le choix du site d'implantation du futur marégraphe
- ✓ La fourniture des préconisations techniques en vue de l'acquisition d'un marégraphe
- ✓ Le choix du prestataire
- ✓ Le référencement vertical du marégraphe
- ✓ La diffusion des données temps-réel REFMAR, sur le portail data.shom

Votre observatoire existant,

- ✓ L'analyse des données acquises
- ✓ Le diagnostic de l'instrumentation en place

Votre PAPI ou votre compétence GEMAPI



ILS NOUS ONT FAIT CONFIANCE



Pour tout projet en lien avec l'observation du niveau de la mer contacter le Shom via l'adresse : **mda@shom.fr**

Retrouvez nous sur

www.shom.fr | [Facebook](https://www.facebook.com/shom) | [Instagram](https://www.instagram.com/shom) | [LinkedIn](https://www.linkedin.com/company/shom) | [YouTube](https://www.youtube.com/shom) | [refmar.shom.fr](https://www.refmar.shom.fr)

Shom_DSD/COM_2026_07_n°352

DONNÉES MARÉGRAPHIQUES REFMAR

DE LA MESURE À LA DIFFUSION

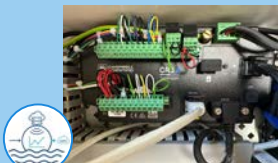


1 ACQUISITION IN SITU

Exemple pour les stations RONIM :



Capteur radar
Mesure de la donnée



Centrale d'acquisition
Centralisation de la donnée
Moyennage
Mise à disposition via API



Routeur
Lien réseau

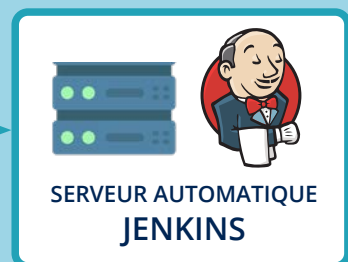


Antenne satellite
Transmission
donnée

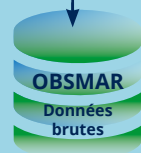
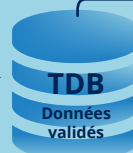
2 RÉCUPÉRATION



Interrogés de manière automatisée et régulière
Possibilité de retour arrière



3 BANCARISATION



Données vérifiées et certifiées
(pas de temps 10 min ou horaire)

• données marégraphiques brutes en temps réel
• métadonnées associées (position géographique, identifiants secondaires, ...)
• informations relatives aux propriétaires ou partenaires

4 DIFFUSION

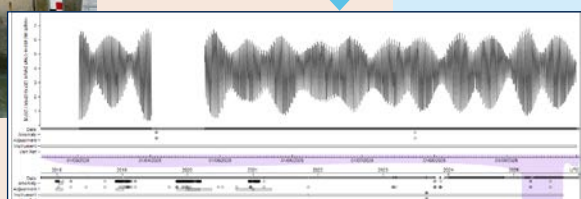


DE L'OBSERVATION À LA PRÉDICTION DE MARÉE

1 MESURES MARÉGRAPHIQUES



Validation des mesures et
intégration en base de
données



Séries temporelles
de hauteurs d'eau

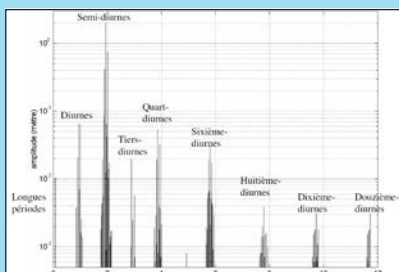
2 ANALYSE HARMONIQUE

Décomposition du signal de
marée en ondes sinusoïdales
élémentaires de
fréquences (q_i) connues.

Formule harmonique

$$h(t) = h_{NM} + \sum_{i=1}^n ((f_i) h_i \cos(V_{0i} + q_i t - (g_i) + (u_i)))$$

Niveau moyen Amplitude Phase



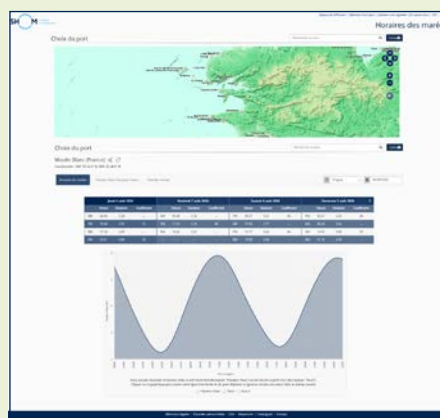
Spectre de marée à Brest (Pouvreau, 2008)

Il est nécessaire de disposer d'un jeu de
données d'observation continues sur
plusieurs années pour calculer des CH fiables.

NIV	MOY	390.30	360.00	55555
SA	4.24	237.08	56555	
SSA	2.95	95.93	57555	
Q1	2.25	293.39	135655	
O1	7.39	330.90	145555	
K1	6.22	88.87	165555	
MNS2	1.25	92.53	227655	
2N2 2NM2	5.03	87.82	235755	
MU2 2MS2	5.82	98.06	237555	
N2	36.33	107.84	245655	
MU2	6.76	108.97	247455	
N2	174.85	127.57	255555	
MS2 2	1.13	212.62	256555	
LAMDDA2	1.31	109.05	263655	
L2 2NM2	4.59	132.88	265455	
NKM2	1.09	171.14	265655	
T2	3.35	157.46	272555	
S2	62.71	161.64	273555	
K2	18.37	159.67	275555	
M3	3.17	21.55	355555	
SK3	1.08	87.72	383555	
2MNS4	1.10	136.09	427655	
N4	2.45	327.13	435755	
3MS4	1.25	177.96	437555	
MN4	10.67	20.03	445655	
MNU4	2.75	26.83	447455	
M4	24.63	67.96	455555	

3 PRÉDICTIONS DE MARÉE

Portail Horaires des marées



Service de calcul de
prédictions de marée
Marées à la carte



Hauteur de marée prédite ($h(t)$) obtenue
par la somme des ondes de marée
élémentaires

4 RÉFÉRENCES ALTIMÉTRIQUES MARITIMES

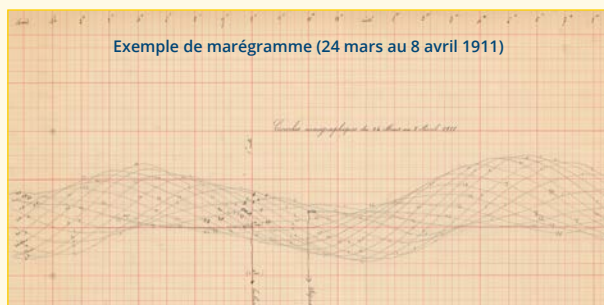
Niveaux
caractéristiques
de la marée



ÉVOLUTION DU NIVEAU MARIN À MADAGASCAR : SAUVEGARDE ET ANALYSE DES DONNÉES HISTORIQUES D'ANTSIRANANA (1888-1970)

POURQUOI ANTSIRANANA ?

- L'océan Indien occidental est une zone stratégique mais aussi historiquement sous documentée.
- Antsiranana dispose d'observations marégraphiques de 1888 à 1970, c'est l'une des rares séries historiques séculaires de l'hémisphère Sud, ce port est soumis à un régime de marée semi-diurne à inégalités diurnes.
- Reconstituer une série contrôlée et validée selon les standards internationaux (GLOSS / PSMSL).
- Alimenter les réseaux mondiaux pour comprendre la hausse régionale du niveau marin.

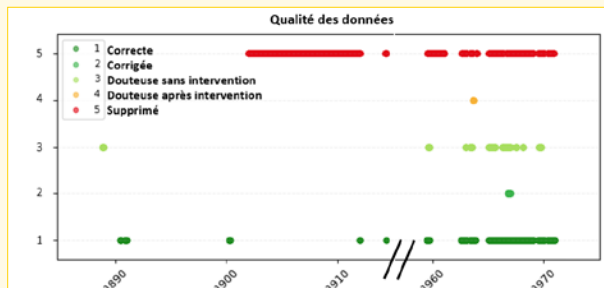
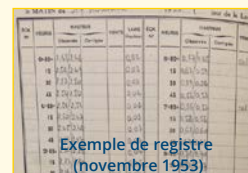


Emplacements des
marégraphes et échelles

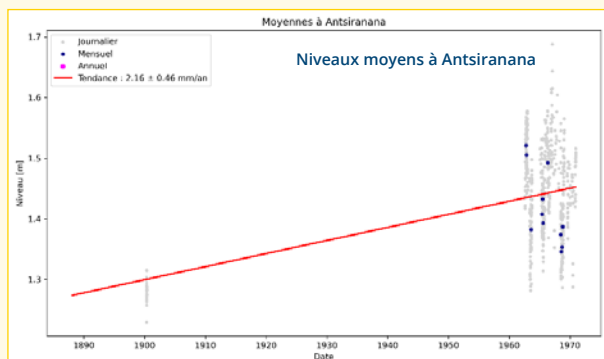


Méthodologie

- 1 - Inventaire des archives.
- 2 - Numérisation des données.
- 3 - Calage vertical / temporel, corrections.
- 4 - Validation et contrôle qualité.
- 5 - Valorisation.



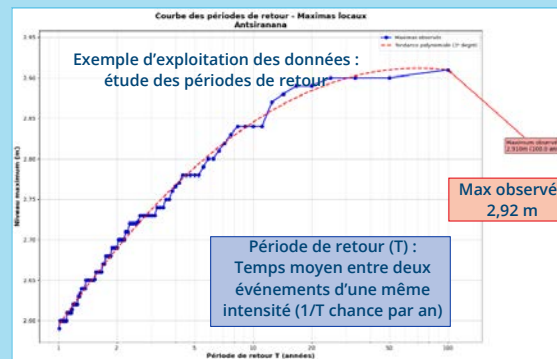
- 695 marégrammes et 1 registre de marée numérisés.
- Classification des données avec des étiquettes de qualité.



Résultats

- 16,5 années effectives reconstituées (1900 ; 1960-1970)
- Tendance estimée : $2,16 \pm 0,46$ mm/an
- Niveau moyen de 1,35 m (1888 - 1900) à 1,48 m (1960 - 1970)
- Niveau d'eau maximal observé des plus hautes mers astronomiques : 2,92 m

Résultats à interpréter avec prudence en raison de la couverture temporelle limitée et des importantes lacunes dans les séries.



Discussion & Perspectives

- Sauvegarde d'une série marégraphique historique unique.
- Mise à disposition des données en Open Data.
- Mise à l'écart d'une grande partie des données entre 1920 - 1940 et 1976 - 1994 (archives non retrouvées et/ou calage impossible).
- Exploitation future pour les études de variabilité du niveau marin, des événements extrêmes et des changements climatiques régionaux.

Travail réalisé dans le cadre d'un stage de master 2, grâce aux données disponibles sur <https://data.shom.fr/> Léo Schaffer¹, Nathalie Giloy¹, Marie Dauguet¹ ; ¹Shom, 13 rue du Châtelier, Brest



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Le Réseau d'Observation du Niveau de la Mer **RONIM**



refmar.shom.fr

data.shom.fr

shom.fr



REFMAR.shom.fr
Réseaux marégraphiques français



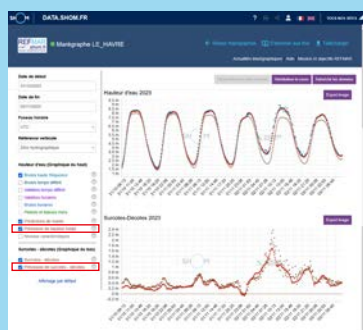
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



DIFFUSION DES PREVISIONS DES NIVEAUX D'EAU (HAUTEUR TOTALE, SURCOTE) SUR DATA.SHOM.FR

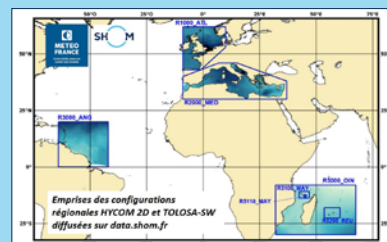
Sur les pages REFMAR de data.shom.fr, les observations marégraphiques sont parfois associées à des **prévisions de hauteur totale et de surcote météorologique**.



MODELISATION

Les prévisions du niveau d'eau total et des surcotes météorologiques sont calculées à l'aide de **modèles hydrodynamiques** : **TOLOSA SW** (façade Atlantique/Manche/Mer du Nord) et **HYCOM 2D** (Méditerranée, Antilles, Guyane, Mayotte et La Réunion).

- **Résolution spatiale côtière** de 1,5 km à 100 m selon la zone et le modèle
- **Résolution temporelle** : 10 minutes pour les sorties pour page REFMAR, horaire pour les sorties 2D
- **Durées simulées** : 4 jours (Manche Atlantique, Méditerranée) à 2 jours (Outre-Mer)
- **Fréquence de mise à jour** : 1 à 2 fois par jour selon les régions



Les modèles sont opérés par Météo France, avec le soutien du Shom, dans le cadre de la Vigilance Vagues Submersions

Plus d'infos sur les modèles



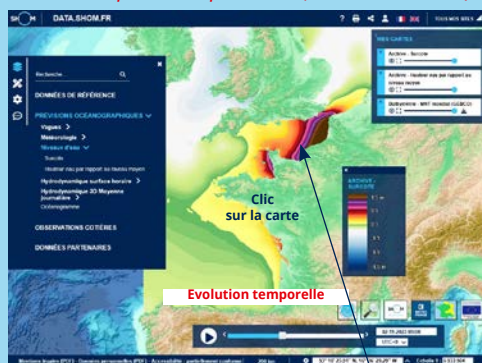
D'où viennent ces prévisions et quels sont les moyens d'accès ?

DATA.SHOM.FR > PREVISIONS OCEANOGRAPHIQUES

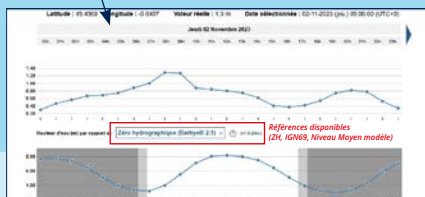
NIVEAUX D'EAU

Visualisation des prévisions horaires de surcote atmosphérique et de hauteur d'eau totale suivi de leur évolution spatiale et temporelle.

Exemple de la tempête CIARAN (1^{er} - 2 Novembre 2023)



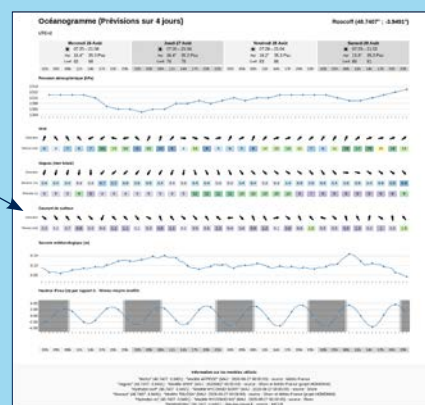
- Couche interrogeable au clic pour accéder à la série temporelle.
- Les prévisions restent disponibles à la visualisation pendant 15 jours (J-15 à J+24).



OCEANOGRAMME



Clic sur un site prédéfini ou sur un point libre pour avoir accès à l'ensemble des prévisions météo-océanographiques disponibles pour ce point.



ARCHIVAGE

Les prévisions de niveaux d'eau diffusées sont archivées et il est possible de les récupérer via data.shom.fr ou par l'intermédiaire de services mis à disposition.

refmar.shom.fr | data.shom.fr

OBSERVATOIRE DE MARÉE

Un observatoire de marée mesure en continu les variations du niveau de la mer. Il associe des instruments de mesure et des repères terrestres qui permettent de rattacher les observations à une référence verticale et de vérifier la stabilité de l'observatoire.

Son implantation et le choix des instruments a une grande incidence sur la qualité des mesures du niveau de la mer, qui sont transformées en informations utiles pour comprendre, prévoir et agir, tant pour des applications de la vie quotidienne et professionnelle des usagers de la mer que pour les systèmes d'alerte et la recherche scientifique.

1

SITE ET INFRASTRUCTURE D'ACCUEIL

- Zone non découvrante
- Absence de biais hydrodynamique local
- Stabilité géodésique
- Viabilité opérationnelle et logistique

2

MESURE ET TRAITEMENT IN-SITU

- 2.1 Echelle de marée
- 2.2 Marégraphe principal (radar en puits ou à l'air libre)
- 2.3 Marégraphe redondant (pression, GNSS-IR)
- 2.4 Baromètre
- 2.5 Centrale d'acquisition
- 2.6 Alimentation secteur ou solaire et batteries de secours

3

TRANSMISSION DES DONNÉES

- 3.1 Coffret de transmission temps réel
- 3.2 Antenne et transmetteur satellite
- 3.3 Liaisons filaires

4

RÉFÉRENTIELS ET CONTRÔLES

- 4.1 Zéro Hydrographique
- 4.2 Repères de marée
- 4.3 Repères de tirant d'air
- 4.4 Repères géodésiques
- 4.5 Station GNSS permanente

PRINCIPE DE MESURE DU MARÉGRAPHE 2.2

$$H = D - T$$

H : hauteur d'eau

T : tirant d'air mesuré par le marégraphe

D : distance entre le ZH et le zéro instrumental du marégraphe

