

*Marées, cartes maritimes,
coordonnées géographiques et
données du SHOM**



Franck ELIE

MEF1

22 avril 2021



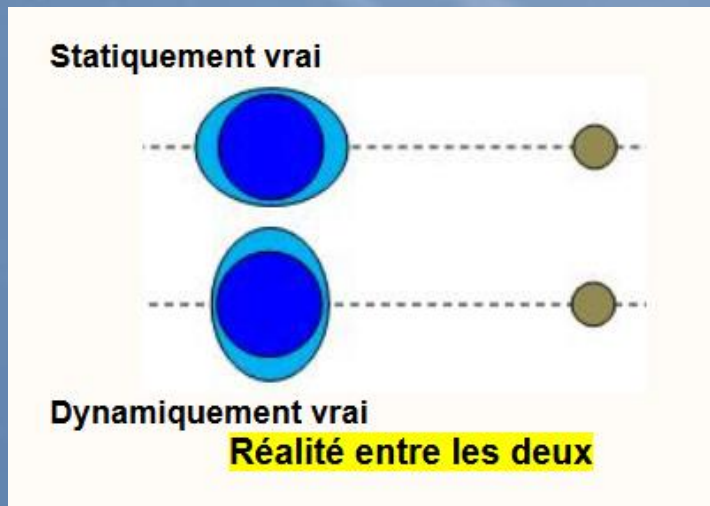


Plan

- *Les marées*
 - [Le mécanisme](#)
 - [Les conséquences pour la plongée](#)
 - [Les prévisions](#)
- *Les cartes maritimes*
 - [Les principaux symboles](#)
 - [Les cartes maritimes gratuites](#)
- *Coordonnées géographiques*
 - [Les Systèmes de Référence Terrestres](#)
 - [Le fonctionnement du GPS](#)
 - [Le WGS84 et les conversion degrés décimaux ⇔ degrés, minutes, secondes](#)
- *Les données du SHOM*
 - [Diversité de cartes et prévisions](#)
 - [Etude de cas](#) : planification plongée sur l'épave du Sperrbrecher 134
- *Quelques sites web de référence*

Marées

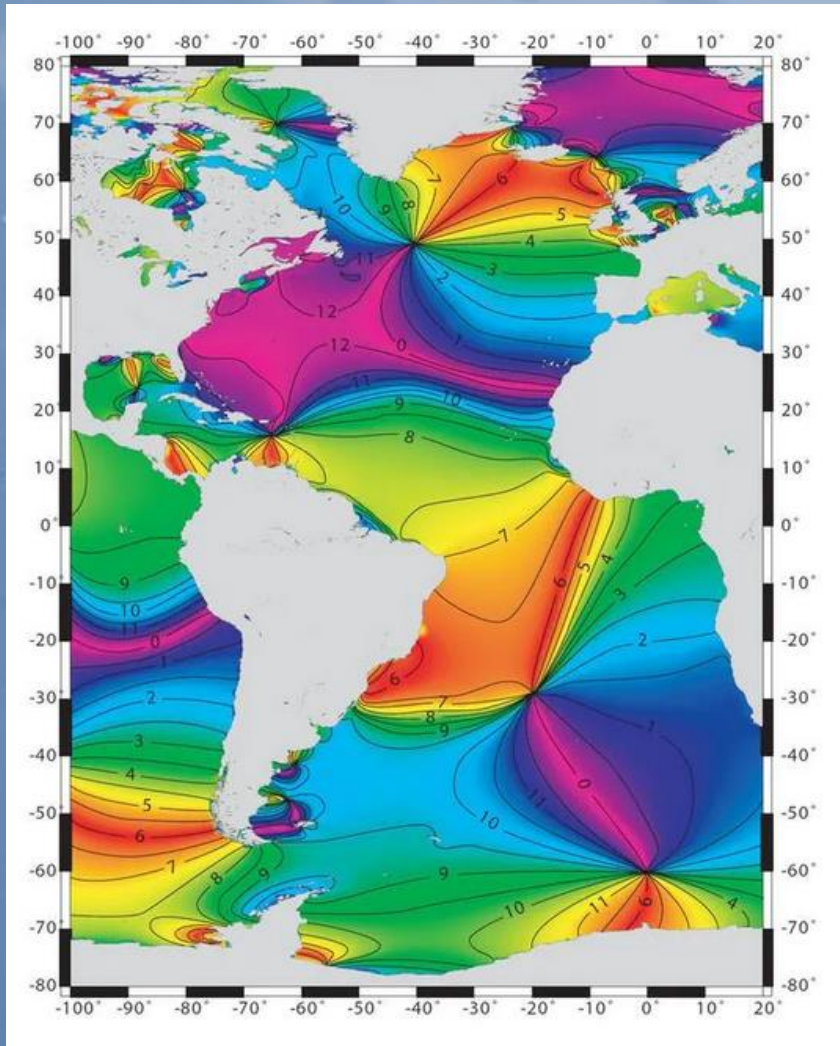
- La marée est la variation du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil
- La gravitation de la Lune et du soleil attire les masses d'eau en fonction de leur position dans le ciel



En plus des théories statiques (renflements en face de la Lune + effet centrifuge) et dynamiques (oscillateur), il faut aussi tenir compte du phénomène de résonance qui se produit en fonction de la configuration des cotes.



Points amphidromiques et lignes cotidales dans l'Atlantique pour l'onde M2 (composante lunaire semi-diurne).



Représentation de la phase d'onde de marée entant que retard par rapport au moment où la lune (à l'origine de la force génératrice de la marée) passe au méridien de Greenwich.

L'onde de la marée réelle est en fait constituée de plusieurs ondes de caractéristiques diverses – amplitude, période, phase. Pour désigner ces différentes composantes on parle aussi d'« harmoniques ». Pour ses calculs de marée, le SHOM intègre pas moins de 143 harmoniques

Type de marée 1/2

- **Semi-diurne** : deux pleines mers et deux basses mers par jour, respectivement de hauteurs sensiblement égales
- **Semi-diurne à inégalité diurne** : deux pleines mers et deux basses mers par jour, mais les pleines mers et les basses mers sont de hauteur très différentes
- **Mixte** : tantôt deux pleines mers et deux basses mers par jour, tantôt une seule
- **Diurne** : toujours une pleine mer et une basse mer par jour.

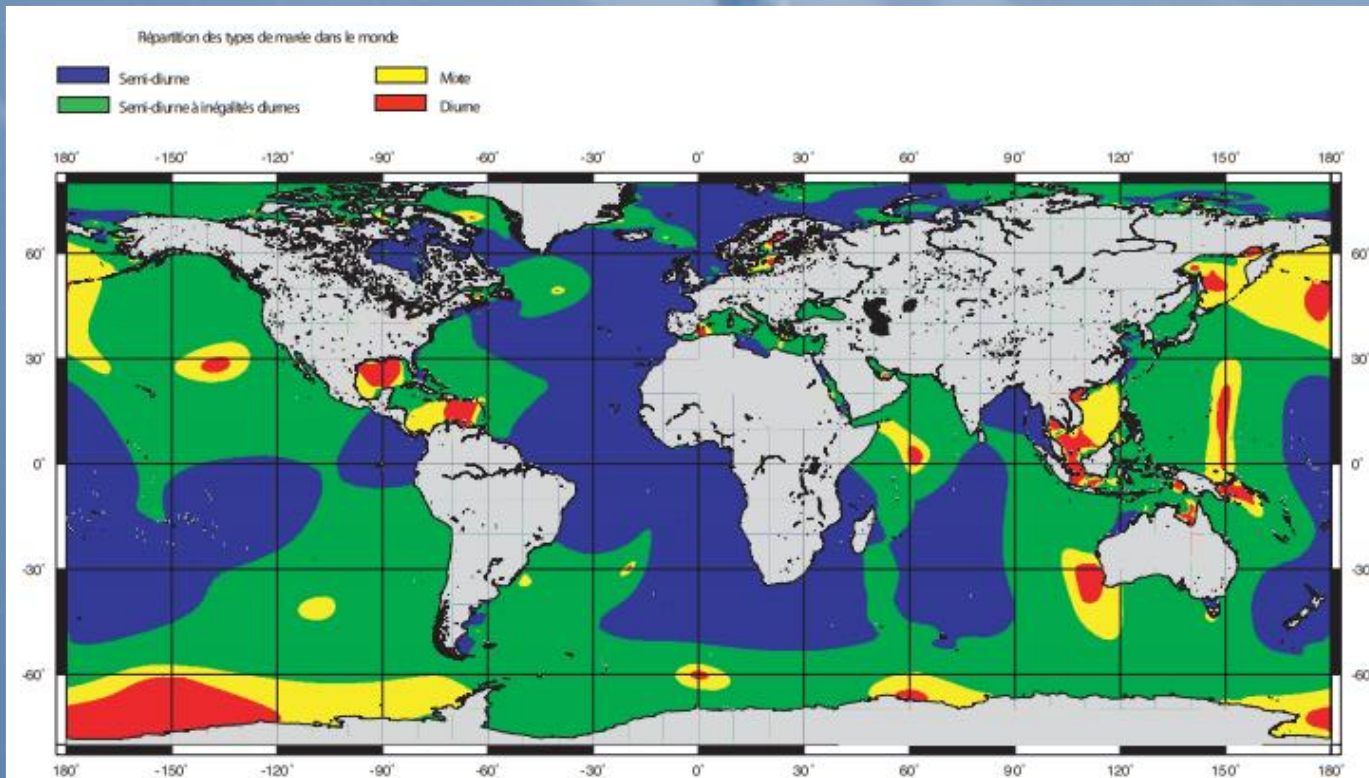
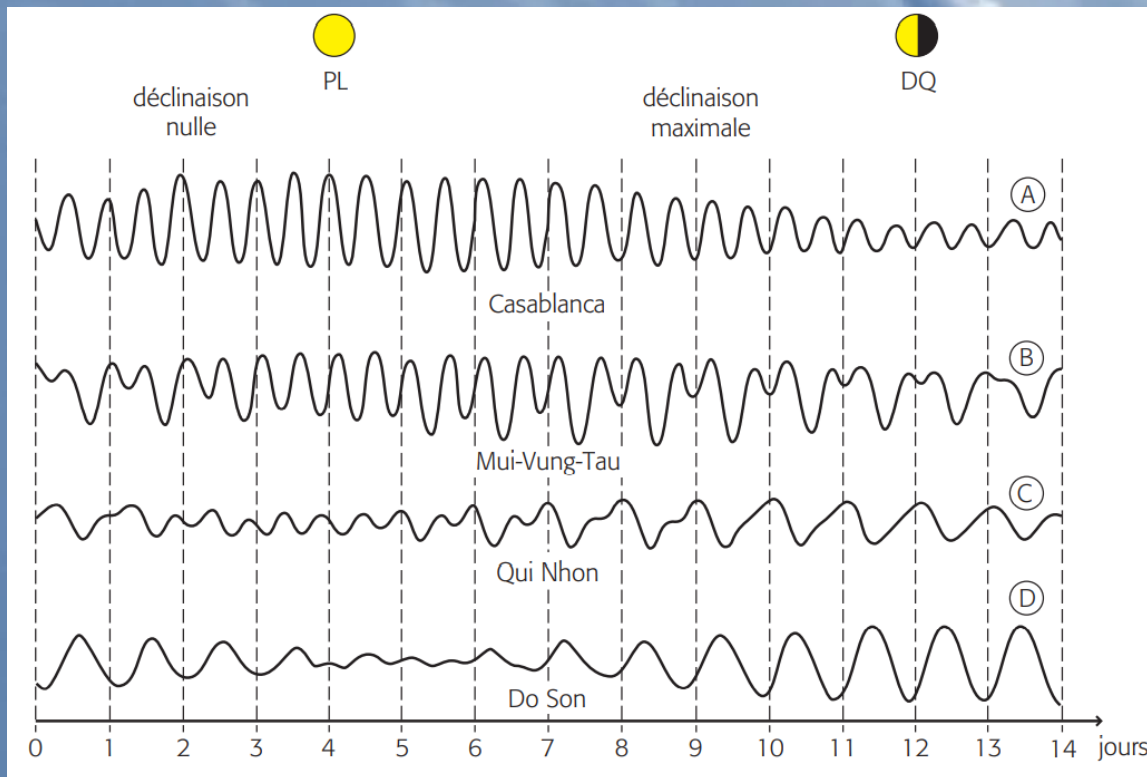


FIGURE 1.2 — Répartition des quatre types de marée dans les trois océans. Noter la dominance du type semi-diurne en Atlantique.



Type de marée 2/2

Les quatre différents types de marée selon la classification française : courbes de marée issues d'une prédiction sur une demi-lunaison (14 jours).



A : marée semi-diurne

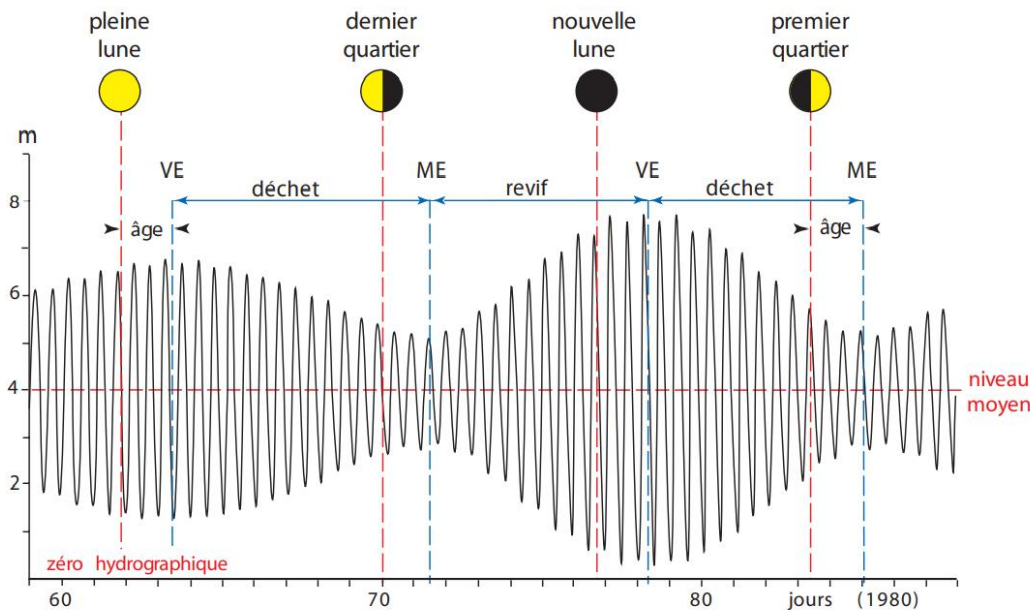
B : marée à inégalité diurne

C : marée mixte

D : marée diurne.



les variations du marnage avec les phases de la Lune



La différence de hauteurs entre deux extremums consécutifs s'appelle le « marnage »

Vives-eaux: pleines et nouvelles lunes. L'action du Soleil est combinée à celle de la Lune (syzygie). Coefficient de marée supérieur à 70

Mortes-eaux: premiers et derniers quartiers, ce sont les mortes-eaux. La Lune et le Soleil sont dits en quadrature. Coefficient de marée inférieur à 70

Grandes marées extraordinaires (vives-eaux): équinoxe + syzygie, le coefficient de marée approche 120

Petites marées (mortes-eaux): solstice + quadrature, le coefficient peut descendre à 20.

Coefficients de marée

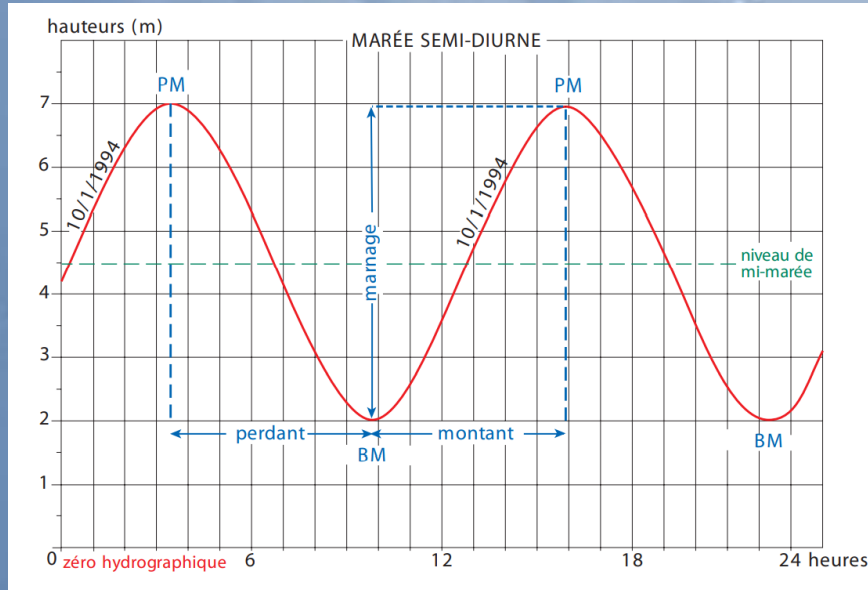
- En France, l'ampleur de la marée par rapport à sa valeur moyenne est indiquée par le coefficient de la marée, qui prend une valeur comprise entre 20 et 120 ($C = (H_h - H_b) / M_{\text{moy Brest}} \times 100$).
- Le coefficient de marée ne doit pas être utilisé pour des calculs précis de hauteur d'eau

pour un même coefficient donné, la hauteur d'eau prédite en un même port n'est pas la même car les coefficients sont calculés seulement avec les composantes semi-diurnes de la marée alors que les hauteurs prédites sont calculées à l'aide de toutes les composantes (diurnes, quart-diurnes, longues périodes,...)

Date	Fleuve Mer						Basse Mer			
	heure	haut.	coef.	heure	haut.	coef.	heure	haut.	heure	haut.
01 D	03:02	5.35	042	15:26	5.65	048	09:16	2.75	21:52	2.50
02 L	03:54	5.70	053	16:11	6.00	059	10:05	2.40	22:35	2.15
03 M	04:34	6.05	065	16:49	6.35	071	10:46	2.05	23:13	1.80
04 M	05:10	6.40	075	17:25	6.65	080	11:23	1.75	23:48	1.55
05 J	05:44	6.65	084	17:59	6.85	087	11:59	1.50	---	---
06 V	06:18	6.85	090	18:32	7.00	092	00:22	1.30	12:33	1.35
07 S	06:50	6.95	093	19:05	7.10	094	00:55	1.20	13:06	1.25
08 D	07:24	6.95	093	19:39	7.05	092	01:29	1.20	13:43	1.25
09 L	07:58	6.90	090	20:16	6.85	086	02:04	1.25	14:20	1.35
10 M	08:36	6.70	083	20:56	6.55	078	02:41	1.45	15:01	1.60
11 M	09:20	6.40	072	21:43	6.20	066	03:23	1.80	15:47	1.90
12 J	10:13	6.05	060	22:43	5.80	054	04:11	2.15	16:42	2.25
13 V	11:23	5.75	050	---	---	---	05:12	2.50	17:51	2.50
14 S	00:02	5.55	047	12:48	5.70	047	06:29	2.70	19:16	2.50
15 D	01:35	5.60	050	14:16	5.95	055	07:58	2.55	20:40	2.20
16 L	02:57	5.95	063	15:25	6.40	070	09:14	2.15	21:47	1.70
17 M	03:57	6.45	078	16:20	6.90	085	10:14	1.65	22:41	1.25
18 M	04:47	6.85	091	17:08	7.25	097	11:04	1.25	23:29	0.95
19 J	05:32	7.15	101	17:51	7.45	104	11:50	0.95	---	---
20 V	06:12	7.25	104	18:32	7.55	107	00:13	0.80	12:33	0.90
21 S	06:53	7.25	104	19:09	7.35	101	00:53	0.85	13:12	0.95
22 D	07:25	7.10	098	19:44	7.05	093	01:30	1.05	13:50	1.15
23 L	07:58	6.85	086	20:16	6.70	082	02:06	1.35	14:26	1.50
24 M	08:31	6.50	075	20:52	6.25	068	02:41	1.70	15:03	1.90
25 M	09:06	6.10	061	21:30	5.90	054	03:17	2.15	15:42	2.35
26 J	09:47	5.70	047	22:18	5.40	041	03:57	2.60	16:27	2.75



Cycle des marées semi-diurnes

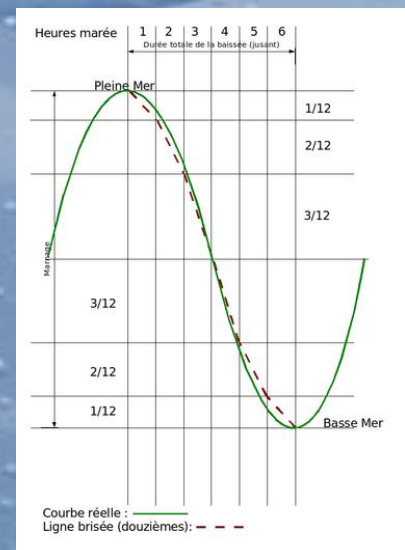


Sur la période de la marée (environ 6 heures et 12 minutes), le flot (montant) et le jusant (perdant) ne courent pas de façon linéaire. En début de marée, il monte (ou descend) doucement. Au cœur de la marée, il est le plus fort. Et, en fin de marée, il se radoucit. On approxime en disant que la hauteur d'eau évolue suivant la règle des douzièmes:

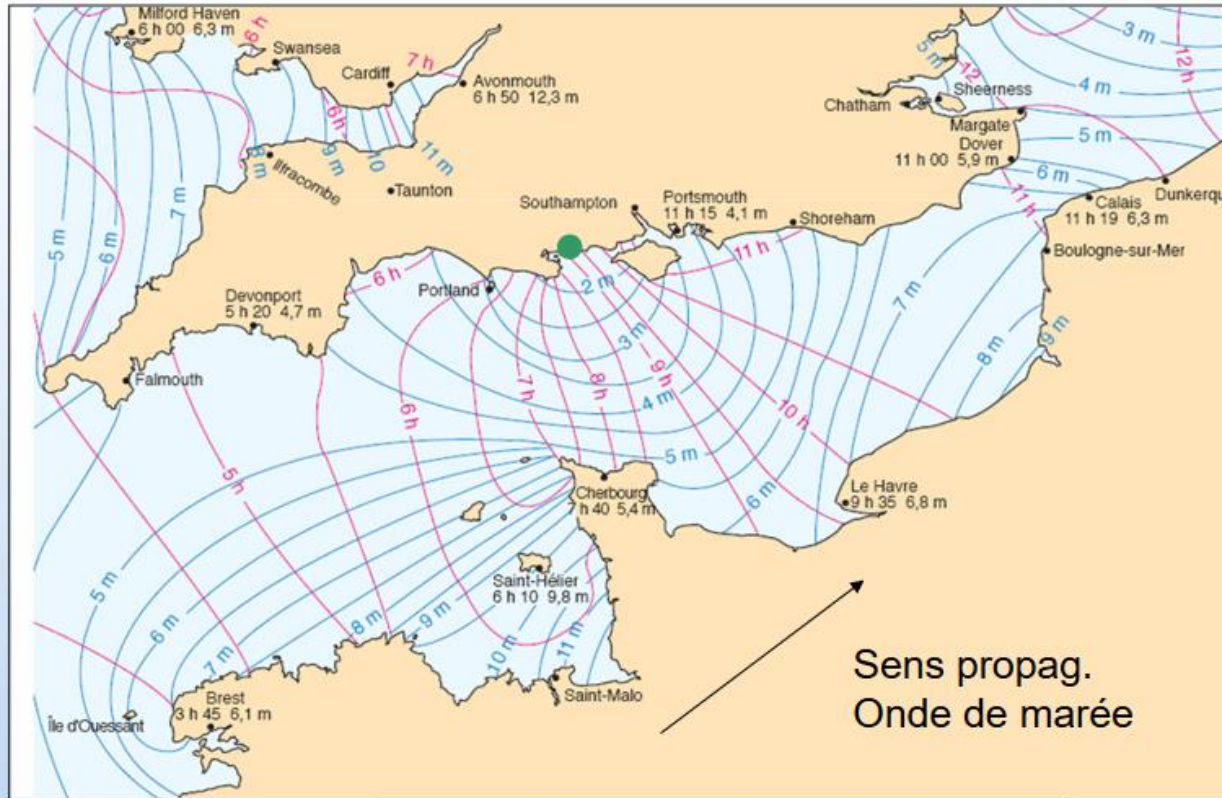
Pour connaître le douzième de sa marée, on prend le marnage et on le divise par 12.

H1	H2	H3	H4	H5	H6
1/12	2/12	3/12	3/12	2/12	1/12

On appelle « étale » de pleine ou basse mer, le court laps de temps pendant lequel les variations de hauteurs demeurent insignifiantes



Cas de la Manche



Rouge : lignes cotidales

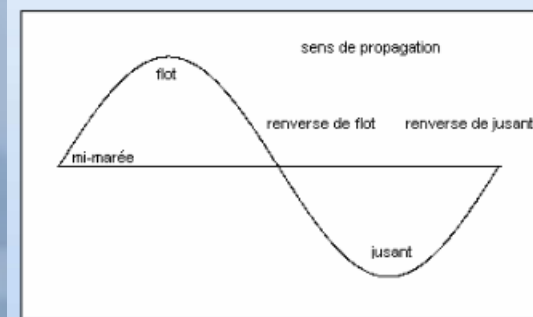
Bleu : lignes d'égale hauteur de PM VE Moyenne

Sens propag.
Onde de marée

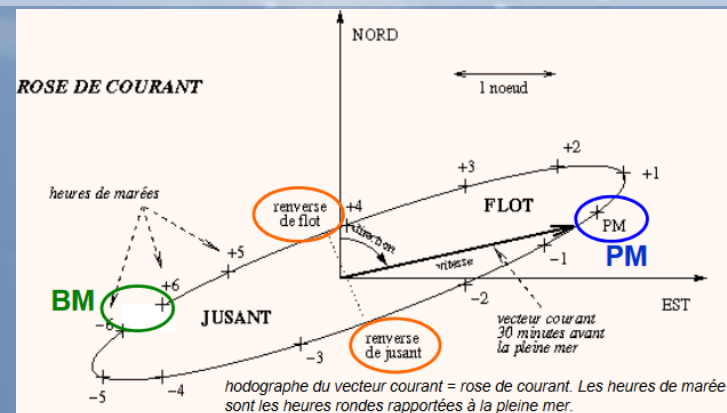
- **Propagation d'Ouest en Est** à l'opposée de la théorie statique.
- **6h entre Brest et Le Havre :**
PM à Brest => BM au Havre !
BM à Brest => PM au Havre !

Conséquences pour la plongée

- Inversion des courants (de marée) entre flot et jusant
- Plus le marnage est important et plus les courants peuvent être forts
- Le bord de côte peut-être très différent entre le début et la fin d'activité (attention où vous laissez vos affaires)
- La différence de profondeur peut-être importante entre marée haute et marée basse



- ➔ Plonger de préférence à l'étale (renverse des courants)
- ➔ faire attention à l'inversion des courants
- ➔ Renseignez-vous avant de plonger





Prévisions des marées

<https://maree.shom.fr>

Erquy (France)  

Coordonnées : 048° 38' 21.2" N, 002° 29' 24.7" W

Annuaire de marées

Hauteur d'eau heure par heure

Grandes marées



H légale



27/04/2021

Mardi 27 avril 2021				Mercredi 28 avril 2021			
	Heure	Hauteur	Coefficient		Heure	Hauteur	Coefficient
BM	02:25	0.87	---	BM	03:10	0.53	---
PM	08:03	11.92	107	PM	08:47	12.15	111
BM	14:50	0.60	---	BM	15:34	0.49	---
PM	20:28	11.99	110	PM	21:10	12.1	111

- Brun clair : la terre.
- Verdâtre : l'estran.
- Bleu : eau avec des sondes inférieures à 10 ou 20 mètres.
- Blanc : eau avec des sondes supérieures à 10 ou 20 mètres

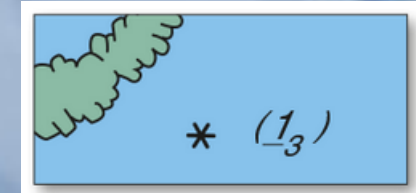
Quelques symboles



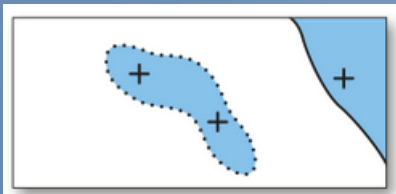
Roche à fleur
d'eau au zéro des
cartes



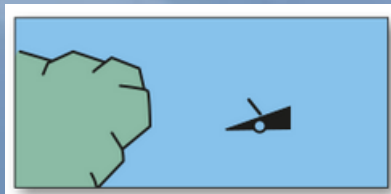
Sonde découvrante
au-dessus du zéro
des cartes



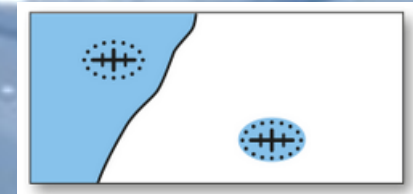
Roche isolée
couvrante et
découvrante



Roche toujours
submergée



Épave qui couvre
et découvre



Epave couverte de
moins de 20 m d'eau

La légende des cartes maritimes est accessible dans l'ouvrage 1D du SHOM:

https://services.data.shom.fr/static/legends/ASSEMBLAGE_DES_CARTES_MARINES_RASTERMARINE/001DNOA.pdf

Les cartes maritimes gratuites

DATA.SHOM.FR

https://data.shom.fr/donnees/catalogue#00

Rechercher

Nous contacter | Aide | FR | EN

SH M L'océan en référence

DATA.SHOM.FR
Information géographique maritime et littorale de référence

Catalogue du Shom

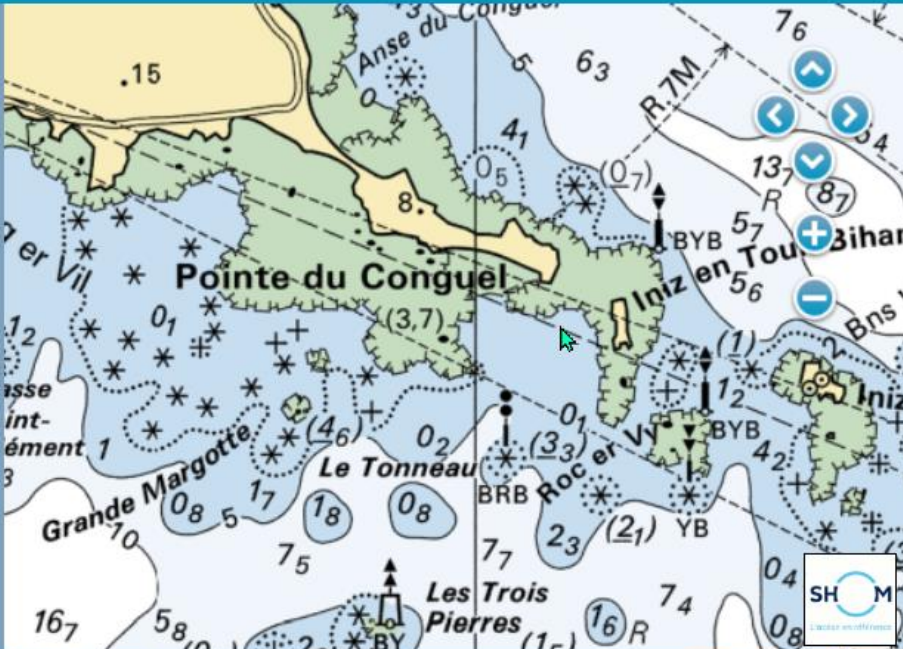
Rechercher une donnée

Données de référence | Prévisions océanographiques | Observations cotières

Cartographie

- ☒ Assemblage des cartes marines (RasterMarine) du 01/04/2021
- ☐ Carte littorale (SCAN Littoral®)
- ☐ Planisphere 0101 du 04/10/2018

Fermer le catalogue



WGS84: 47° 28' 01.28" N, 3° 04' 46.14" W

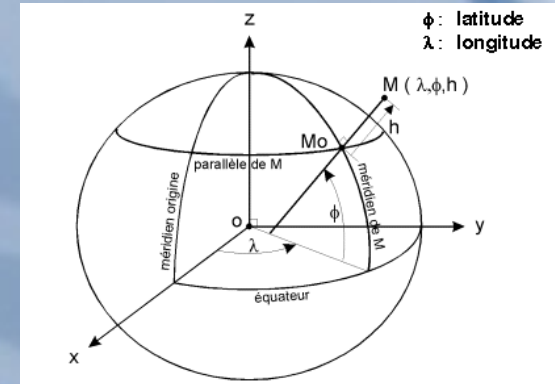
Mentions légales et

Echelle 1 : 27 084

Coordonnées géographiques (géodésique)

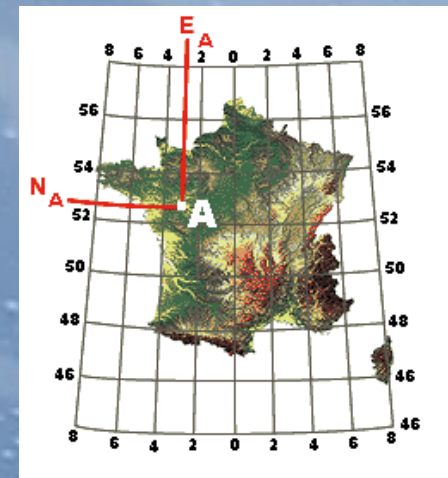
Il existe plusieurs Systèmes de Référence Terrestres basés sur des ellipsoïdes différents:

- NTF (ancien système local français)
 - ED50 (ancien système local européen)
 - RGF93 (système local français)
 - ETRS89 (système local européen)
 - WGS84 (système mondial GPS)
- } GRS1980



Les systèmes géodésiques locaux sont contraints par un réseau de mesures et permettent de tenir compte du déplacement des plaques tectoniques (qlq cm / an)

Les coordonnées cartographique correspondent à une projection sur un plan ; il existe plusieurs systèmes de projection (Mercator, Lambert, UTM, etc)



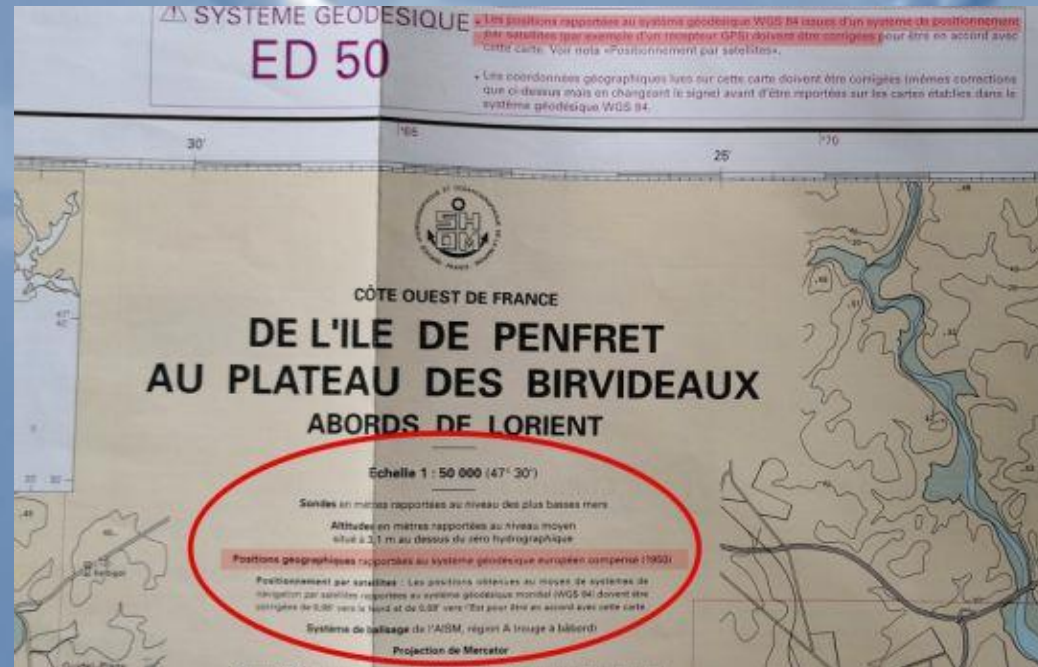


Des écarts de position parfois importants entre les systèmes de référence

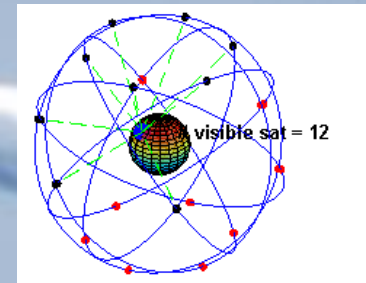
- Entre le WGS 84 et le ED 50, la variation moyenne constatée est de l'ordre de 150 m.
- L'écart entre le système géodésique des cartes de la Réunion (IGN 47) et le WGS 84 est de l'ordre de 1500 m.

http://bague.lpo-anjou.org/conv_coord.htm (ED50 $\Leftrightarrow$ NTF $\Leftrightarrow$ WGS84)

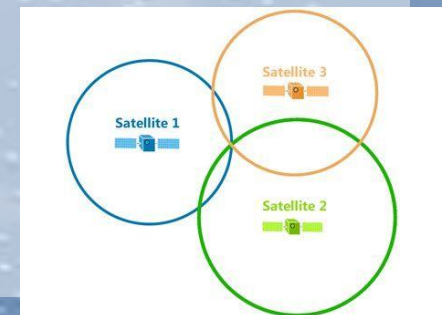
Sur cet exemple, nous lisons :
"Positionnement par satellite : les positions obtenues au moyen de système de navigation par satellite, rapportées au système géodésique mondial (WGS) doivent être corrigées de 0,06' vers le Nord et de 0,08' vers l'Est pour être en accord avec cette carte."



Global Positioning System (GPS) et Galileo (européen)



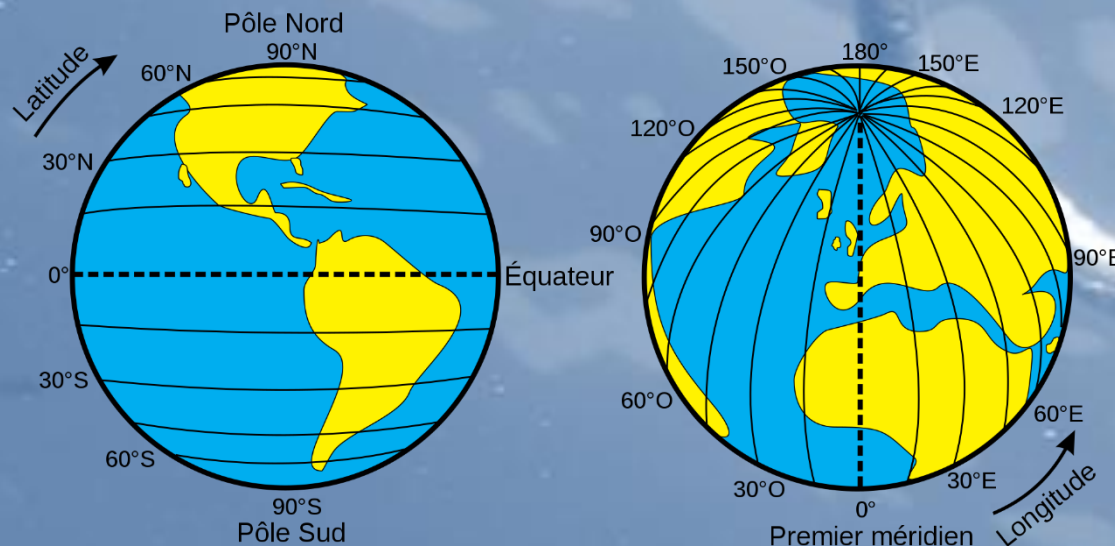
- Le principe de fonctionnement repose sur la trilatération de signaux électromagnétiques synchronisés émis par les satellites.
- Le GPS comprend au moins vingt-quatre satellites circulant à 20 200 km d'altitude. Ces satellites émettent en permanence sur deux fréquences L1 (1 575,42 MHz) et L2 (1 227,60 MHz) datés précisément grâce à leur horloge atomique
- De la mesure du temps de propagation du signal Satellite $\Leftrightarrow$ récepteur GPS, on en déduit la distance au satellite ($D = \text{vitesse lumière} \times \text{temps}$)
- Ainsi, un récepteur GPS qui capte les signaux d'au moins quatre satellites équipés de plusieurs horloges atomiques peut, en calculant les temps de propagation de ces signaux entre les satellites et lui, connaître sa distance par rapport à ceux-ci et, par trilatération, situer précisément en trois dimensions n'importe quel point placé en visibilité des satellites GPS, avec une précision de 3 à 50 m pour le système standard.
- Seuls trois satellites peuvent suffire lorsque l'on évolue au-dessus d'une surface « plane » (océan, mer) mais on a une moins bonne précision.





World Geodetic System 1984

WGS 84 est le système géodésique standard mondial, notamment utilisé par le système GPS et les cartes SHOM



Types de notation

- DMS, Degré:Minute:Seconde ($41^{\circ}24'12.2''$ - $2^{\circ}10'26.5''$) $\Leftrightarrow 41^{\circ}24'12.2''$ N $2^{\circ}10'26.5''$ O
- DMM, Degré:Minute décimal ($41\ 24.2028$, $-2\ 10.4418'$)
- DD, Degré décimal (41.40338 , -2.17403°)

[illegible]

Les échelles des cartes en WGS84 sont graduées en degrés et minutes et fractions de minute.



WGS84: 47° 16' 46.32" N, 3° 05' 37.56" W

1852 mètres correspondent à une minute sur l'échelle des latitudes située à gauche ou à droite de la carte → Mille nautique
(1 nœud = 1 nautique/h = 1852m/h)



Conversions DMS → DD

Les coordonnées géographiques sont souvent données en DMS: degrés (1/90 d'angle droit), minutes d'arc (1/60 de degré) et secondes d'arc (1/60 de minute d'arc).

Formule pour convertir des DMS et DD (degré décimal) :

$$\text{Latitude (degrés décimaux)} = \text{degrés} + \frac{\text{minutes}}{60} + \frac{\text{secondes}}{3600}$$

Exemple :

45° 54' 36" (45 degrés, 54 minutes et 36 secondes)

$$\text{latitude} = 45 + (54 / 60) + (36 / 3600) = 45,91^\circ$$



Conversions DD $\Rightarrow$ DMS

Exemple : soit une longitude de $121,136^\circ$.

- Le nombre avant la virgule indique les degrés $\Rightarrow$ **121°**
- Multiplier le nombre après la virgule par 60 $\Rightarrow 0,136 * 60 = 8,16$
- Le nombre avant la virgule indique les minutes (**$8'$**)
- Multiplier le nombre après la virgule par 60 $\Rightarrow 0,16 * 60 = 9,6$
- Le résultat indique les secondes (**$9,6''$**).

$\rightarrow$ La longitude est donc de $121^\circ 8' 9,6''$



Les trésors du Shom en accès libre sur le Web

<https://data.shom.fr>

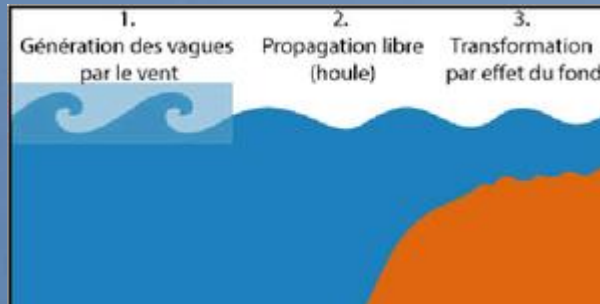
SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

- les [cartes marines](#) (cartes « RasterMarine »)
- Un [catalogue des épaves](#) avec leur position, le nom du navire, ses caractéristiques, la date et les circonstances de son naufrage, le « brassiage » (sonde au niveau du point le plus haut du navire), etc
- Des cartes de relief sous-marin ([cartes bathymétriques](#))
- La [nature des fonds](#) (« Sédimentologie »).
- Les marées avec [les marnages](#)
- Les courants [en 2D](#) mais aussi [en 3D](#) (à 10 mètres du fond, à mi-profondeur, au fond, etc).
- Des [prévisions à 4 jours](#) sur les vagues, la houle, la vitesse et direction du vent, les courant de surface, la température de la mer,

Vagues, Houle, Mer de vent

Pour décrire l'état de la mer, les marins distinguent la houle et la mer du vent

- la mer du vent est créée par le vent qui règne au lieu et à l'heure de l'observation.
- la houle a été créée par un vent qui n'est pas le vent présent
- Les vagues sont générées par le vent sur l'ensemble des mers du globe. Cette formation des vagues dépend :
 - de la vitesse du vent ;
 - du temps pendant lequel il souffle ;
 - de la distance sur laquelle il souffle.



ECHELLE DE DOUGLAS		
	Descriptif	Hauteur des vagues en mètre
0	Calmes	0
1	Ridée	0 à 0,1
2	Belle	0,1 à 0,5
3	Peu agitée	0,5 à 1,25
4	Agitée	1,25 à 2,5
5	Forte	2,5 à 4
6	Très forte	4 à 6
7	Grosse	6 à 9
8	Très grosse	9 à 14
9	Énorme	> 14

Etude de cas



Objectif : plonger sur l'épave « SPERRBRECHER 134 » au large de l'Ile de Groix (coulé en 1944) sur période 22-25 avril 2019

Info Shom :

- Longueur de l'épave : 70m, largeur 12m, orientation 254/074 (~W/E)
- Brassiage (profondeur min) : 13.8m +-3m
- Coordonnées WGS 84 : 47.6510082550°, -3.44354721773°

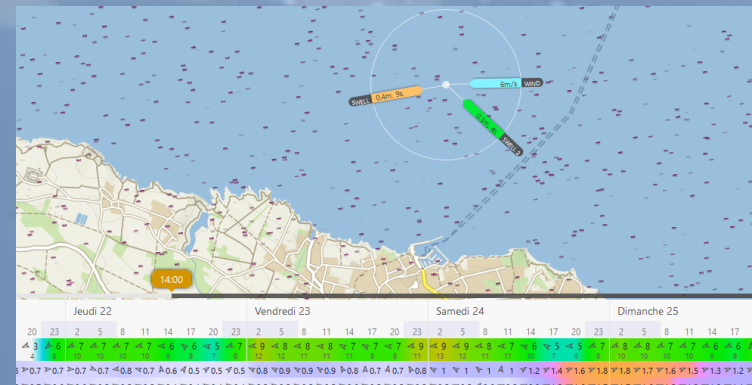
Collecte d'infos :

- Marée Port-Tudy :
- Vagues <1m (22) → 1.5m (25)
- Nature de fond : sable / vase
- Météo : soleil toute la semaine de 8h à 18h

Jeudi 22 avril 2021				Vendredi 23 avril 2021			Samedi 24 avril 2021			Dimanche 25 avril 2021		
Heure	Hauteur	Coefficient		Heure	Hauteur	Coefficient	Heure	Hauteur	Coefficient	Heure	Hauteur	Coefficient
PM 01:23	3.99	35		PM 02:33	4.29	49	PM 03:23	4.65	67	PM 04:08	5.01	83
BM 07:46	2.16	---		BM 08:46	1.80	---	BM 09:34	1.40	---	BM 10:18	1.03	---
PM 14:14	4.08	42		PM 15:05	4.42	58	PM 15:49	4.78	75	PM 16:30	5.10	91
BM 20:05	2.15	---		BM 21:01	1.78	---	BM 21:49	1.37	---	BM 22:33	1.00	---

→ choix de la plongée le 22 avril à 14h :

- Vagues et houle <1m
- faible coef et étale PM → faible courant
- pour une profondeur épave à partir de ~18m





Sites Web de référence

- *USO Apnée : <http://uso.apnee.free.fr/>*
- *Comité régional Centre Apnée : <http://crcentreapnee.free.fr>*
- *Commission Nationale Apnée : <http://apnee.ffessm.fr>*
- *Horaires des marées : <https://maree.shom.fr>*
- *Information géographique maritime et littorale de référence : <https://data.shom.fr>*
- *Météorologie: <https://www.windy.com>*
- *Convertisseur : http://bagueage.lpo-anjou.org/conv_coord.htm*
- *Explications physiques du mécanisme des marées : <http://villemin.gerard.free.fr/Science/Marees.htm>*



L'apnée doit toujours être source de plaisir !

F.