



Simulation numérique océanique et traitement de données au Service Hydrographique et océanographique de la Marine

Rémy Baraille, Franck Dumas, Son Hoang, Gwenael Jan, Cyril Lathuilière, Fabien
Leckler, Stéphanie Louazel, Héloïse Michaud, Audrey Pasquet, Annick Pichon

Missions du SHOM requérant du calcul scientifique

✓ Service hydrographique national,

- Référent national pour l'observation du niveau de la mer
- Sécurité de la navigation, sauvegarde de la vie en mer

✓ Service de la Défense,

- Capacité de prévision évolutive pour le besoin des forces
- Amélioration des connaissances

✓ Soutien aux politiques publiques maritimes et littorales.

- Réalisation de la R&D de la modélisation numérique de la vigilance vagues submersion
- Expertise pour la puissance publique (e.g. implantation de dispositif EMR)
- Océanographie Côtière Opérationnelle.

Les ressources calcul à la disposition du SHOM

✓CAPARMOR/DATARMO4

✓AQUARIUM (site Toulousain du SHOM) 784 cœurs disponibles (machine de production pour les forces)

✓4 millions d'heures annuelles sur BEAUFIX (calculateurs de météo France).

Les modèles utilisés

✓ Hycom coordonnées hybrides

✓ WW3

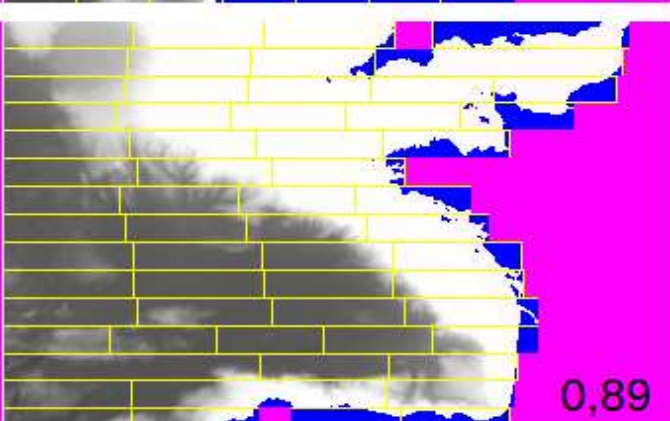
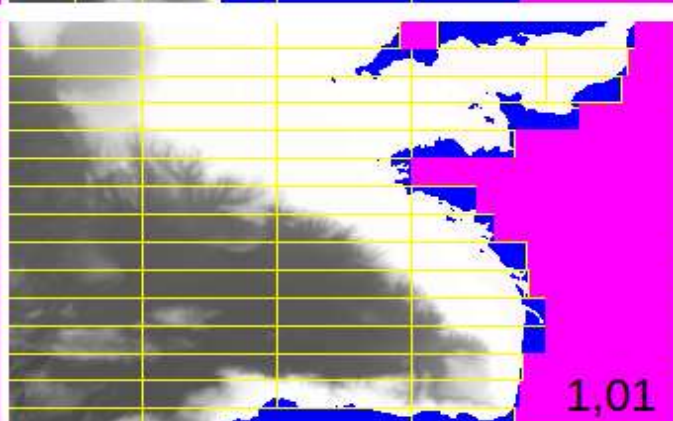
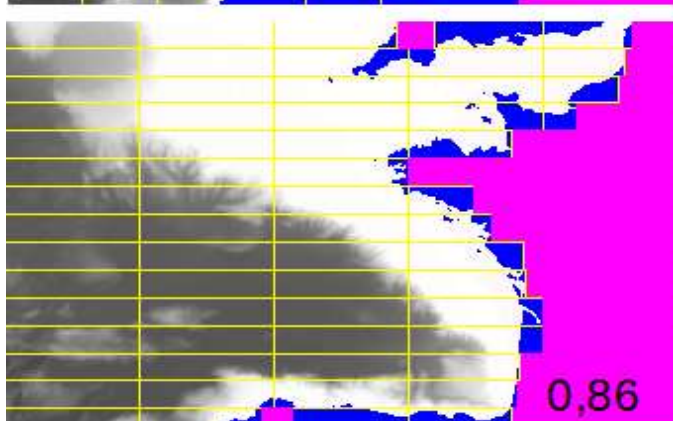
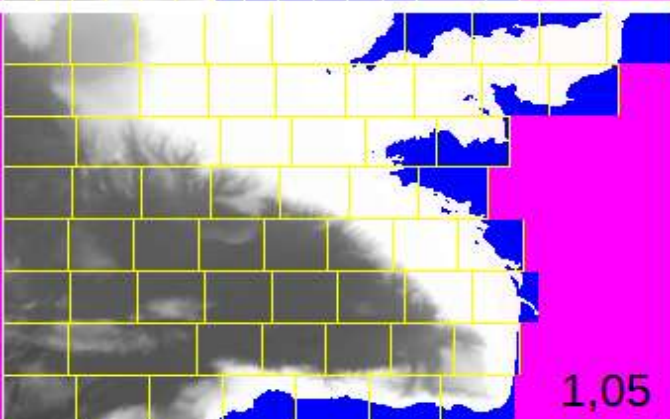
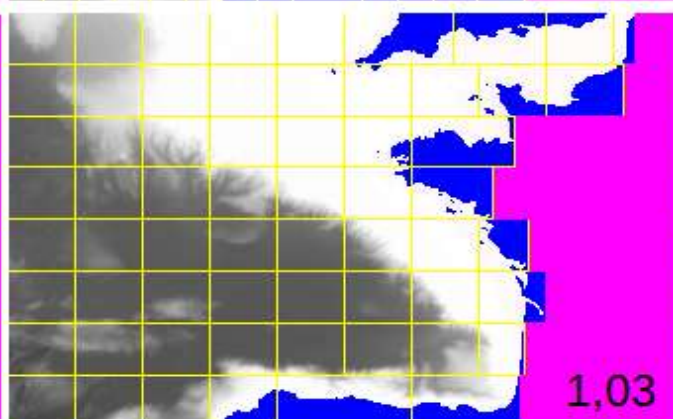
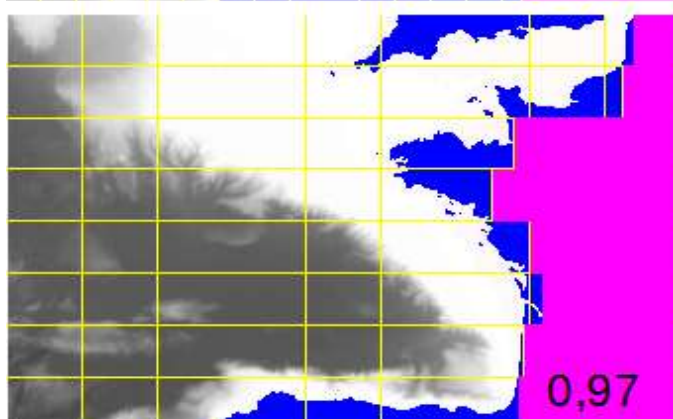
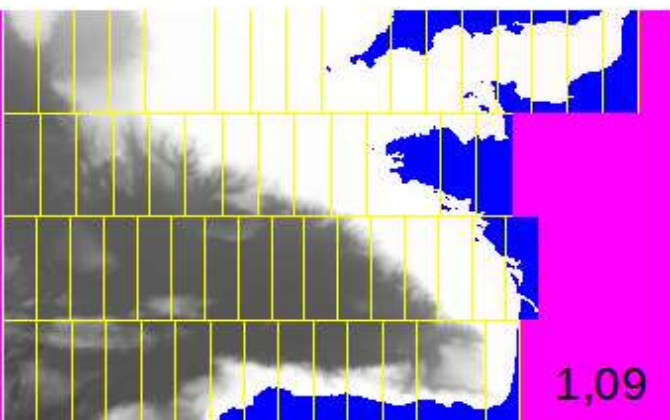
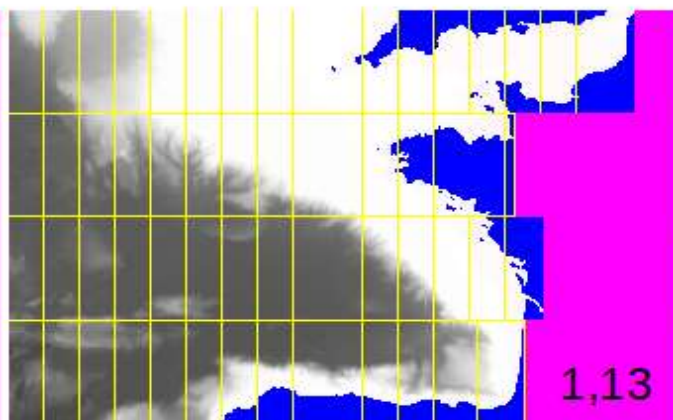
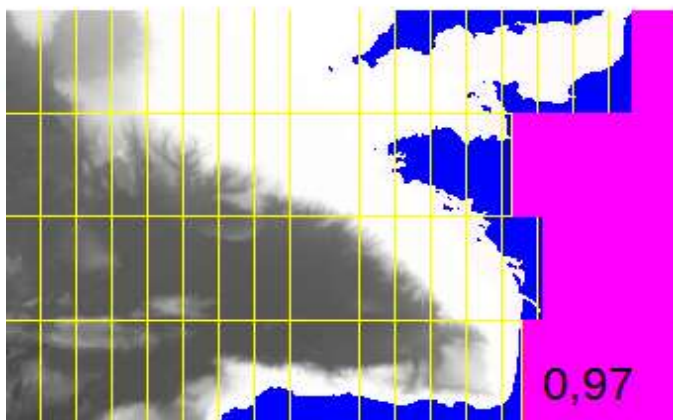
✓ CROCO : mode évaluation / couplage avec HYCOM

Parallélisation MPI pour tous en décomposition de domaines

Sfudge<9.8

Sfudge>9.8

Version modifiée



Optimisation des découpages MPI

Manche-Gasocgne 5km – 32 procs

	sfudge	cout (%)	npes	npe	mpe	ibig	jbig	maxsea
1	9,75	0,338	30	16	2	15	79	1170
2	9,75	0,342	32	12	3	19	53	1007
3	9,75	0,345	31	11	3	21	53	1113
4	9,75	0,348	30	8	4	29	40	1160
5	9,75	0,337	32	7	5	33	32	1056
6	9,75	0,311	32	6	6	38	27	1026
7	9,75	0,338	29	5	6	46	27	1242
8	9,75	0,281	32	4	8	57	20	1140
9	9,75	0,295	30	3	10	76	16	1216
10	9,75	0,295	32	2	16	113	10	1130
11	9,75	0,301	30	2	15	113	11	1243
12	9,85	0,318	32	13	3	34	53	954
13	9,85	0,311	30	12	3	38	53	1007
14	9,85	0,302	31	9	4	50	40	1040
15	9,85	0,308	29	7	5	64	32	1056
16	9,85	0,301	29	6	6	67	27	1026
17	9,85	0,314	32	5	7	49	23	1059
18	9,85	0,338	29	4	8	91	20	1140
19	9,85	0,304	30	3	11	107	15	1140
20	9,85	0,309	31	2	16	162	10	1130
21	9,85	0,318	29	2	15	162	11	1240

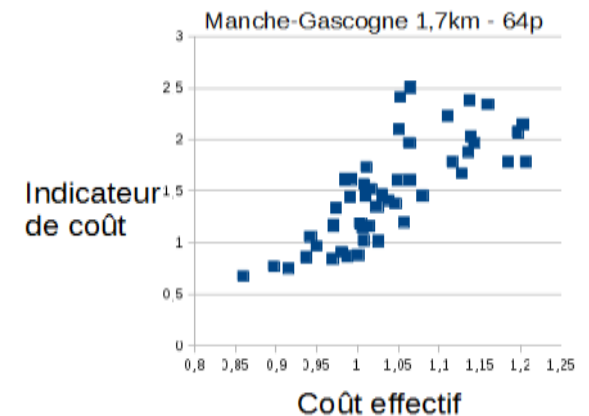
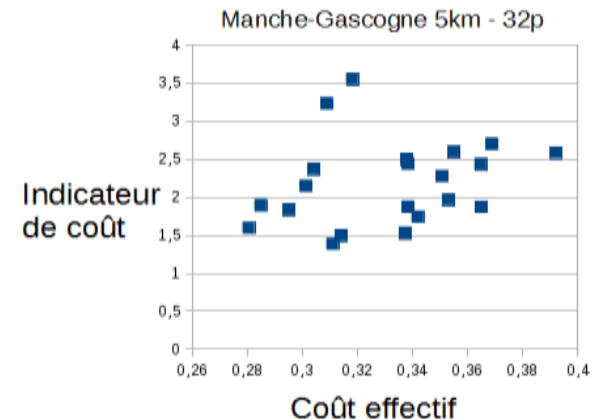
Manche-Gasocgne 1,7 km – 64 procs

	sfudge	cout (%)	npes	npe	mpe	ibig	jbig	maxsea
1	9,75	1,023802042	64	25	3	29	157	4553
2	9,75	1,047195857	62	24	3	30	157	4710
3	9,75	1,079582923	59	23	3	32	157	5024
4	9,75	0,971078157	64	19	4	38	118	4484
5	9,75	1,003503084	60	18	4	40	118	4720
6	9,75	0,942280799	63	15	5	48	95	4560
7	9,75	1,014106075	60	14	5	52	95	4940
8	9,75	1,025902033	62	12	6	60	79	4740
9	9,75	0,948971139	60	10	7	72	68	4890
10	9,75	0,969779968	61	9	8	80	59	4720
11	9,75	0,93673204	63	8	9	90	53	4770
12	9,75	1,000739098	62	7	10	103	48	4944
13	9,75	0,98729111	62	6	12	120	40	4800
14	9,75	0,987626076	58	6	11	120	43	5160
15	9,75	0,985291185	63	5	15	144	32	4808
16	9,75	0,945578061	60	5	14	144	34	4996
17	9,75	0,980964899	64	4	17	180	28	5040
18	9,75	1,007643018	61	4	16	180	30	5400
19	9,75	1,006397963	61	3	21	240	23	5520
20	9,75	1,056853023	59	3	20	240	24	5760
21	9,75	0,973859072	63	2	32	360	15	5400
22	9,75	1,01026988	61	2	31	360	16	5760
23	9,75	1,037446876	59	2	30	360	16	5760
24	9,85	1,143284013	64	27	3	54	157	4248
25	9,85	1,138607025	62	26	3	56	157	4396
26	9,85	1,166018072	59	25	3	58	157	4553
27	9,85	1,122398911	58	24	3	60	157	4710
28	9,85	1,166312288	63	20	4	72	118	4248
29	9,85	1,135406571	60	19	4	78	118	4484
30	9,85	1,128284218	62	16	5	90	95	4305
31	9,85	1,116017818	59	15	5	96	95	4560
32	9,85	1,048973011	60	13	6	110	79	4424
33	9,85	1,084238071	59	11	7	132	68	4499
34	9,85	1,0304389	62	10	8	144	59	4248
35	9,85	0,991351128	62	9	9	160	53	4240
36	9,85	1,016590118	64	8	10	180	48	4320
37	9,85	1,008635044	62	7	11	208	43	4428
38	9,85	0,992552996	63	6	13	240	37	4440
39	9,85	1,018130800	59	6	12	240	40	4800
40	9,85	0,985512018	64	5	16	288	30	4320
41	9,85	1,010895014	60	5	15	288	32	4608
42	9,85	1,062616037	58	4	18	360	27	4862
43	9,85	1,050771952	59	4	17	360	28	5040
44	9,85	1,052369118	63	3	23	480	21	5040
45	9,85	1,065077066	60	3	22	480	22	5280
46	9,85	1,110987902	62	2	32	542	15	5400
47	9,85	1,137189196	60	2	31	643	16	5760
48	9,85	1,158993922	58	2	30	543	16	5760

- Sensibilité importante du coût calcul à de nombreux paramètres
- Permet de discriminer différentes méthodes de découpage
- Proposer une estimation a priori

Méthode et résultats

- 3 critères paraissent pertinents :
 - La taille des tuiles (joue sur la mémoire et le volume des échanges à réaliser)
 - Le nombre de points mer maximal par tuile (joue sur les calculs (en particulier les calculs sur la dimension verticale hybgen/mxkprf)
 - La forme de la tuile (joue sur la performance de la vectorisation).
- Indépendamment on ne trouve pas de lien clair.
- On cherche une formule de speedup qui permet de réaliser un compromis efficace entre les 3 critères.
- La proposition est la suivante :
 - Critère de taille de tuile : $F_t = (j_{big} + m_{bdy} * 2) / (i_{dm} * j_{dm} * n_{proc}) - 1$
 - Critère de nombre de points mer : $F_m = (max_{sea} / ave_{sea}) - 1$
 - Critère de forme de tuile : $F_f = j_{big} / (i_{big} + j_{big})$
- Speedup $F = F_t + F_m + F_f$

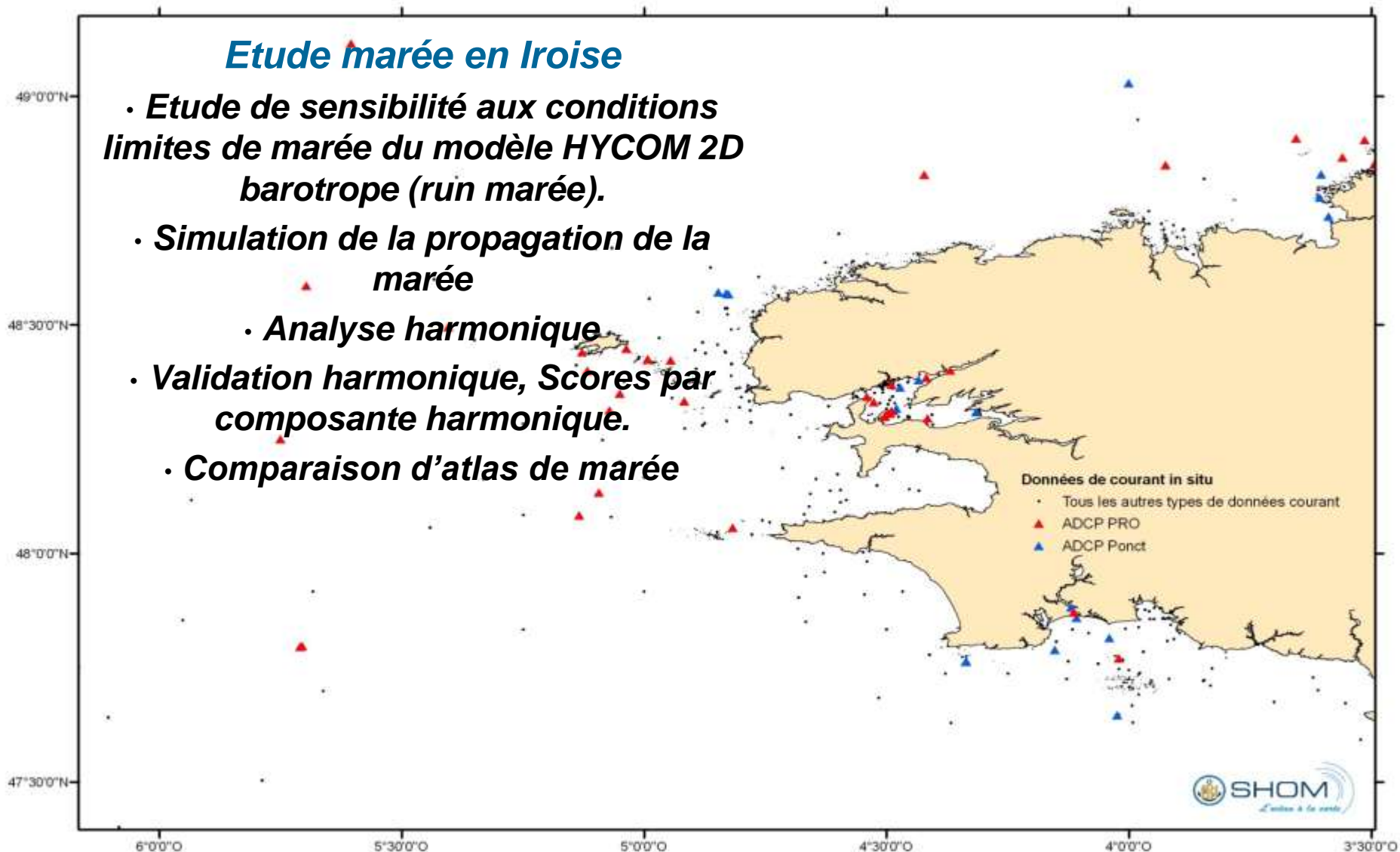


Service Hydrographique National

- ✓ Traitement de la données d'observation du niveau de la mer (y compris les longues séries reconstituées à Brest, Saint Nazaire)
- ✓ Confection des atlas de marée pour la navigation et la réalisation de produits dont les surface de référence.
- ✓ Base de données courants

Etude marée en Iroise

- ***Etude de sensibilité aux conditions limites de marée du modèle HYCOM 2D barotrope (run marée).***
- ***Simulation de la propagation de la marée***
 - ***Analyse harmonique***
- ***Validation harmonique, Scores par composante harmonique.***
- ***Comparaison d'atlas de marée***

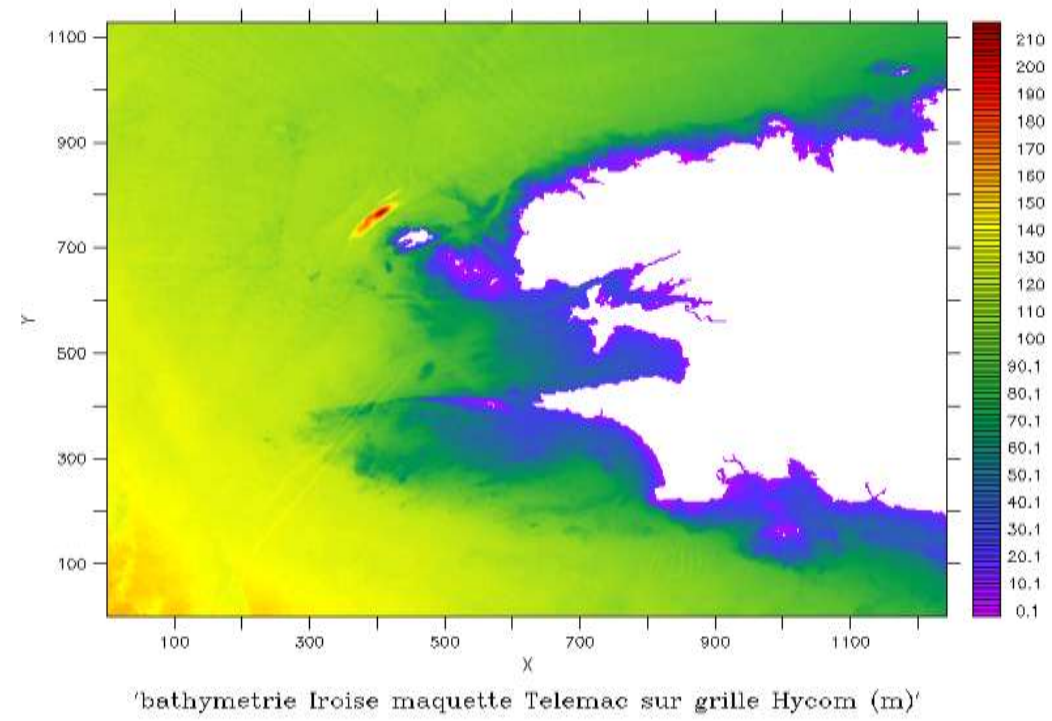
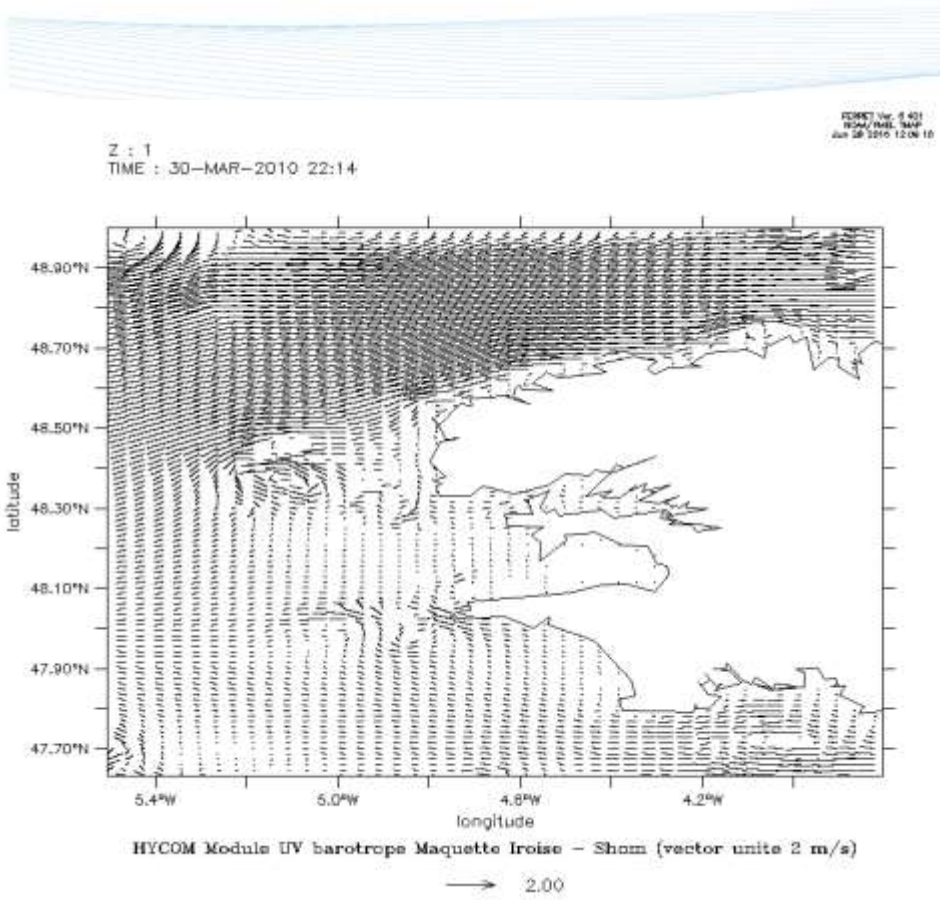


(Source carte: BDC SHOM)

- Grille IROISE: 150m.
- Mode barotrope 2DH

FORSET Ver. 3.01
 ROMAN/PAUL/SHOM
 Apr 15 2010 17:28:44

DATA SET: h_global



'bathymetrie Iroise maquette Telemac sur grille Hycom (m)'

(1 mois simulé échantillonnage 1 heure ⇔ 11h (32 cœurs) de calcul, Max vmem = 34 G)

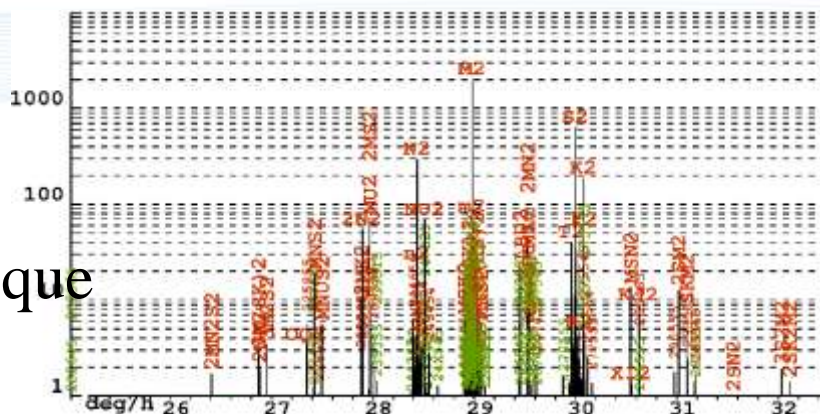
Améliorer la précision de la marée simulée (Modèle vs observation)

pour actualiser les produits comme CST France

Simulation
modèle de
marée



Analyse
harmonique



Ex: Brest,
harmoniques semi
diurnes



Validation harmonique

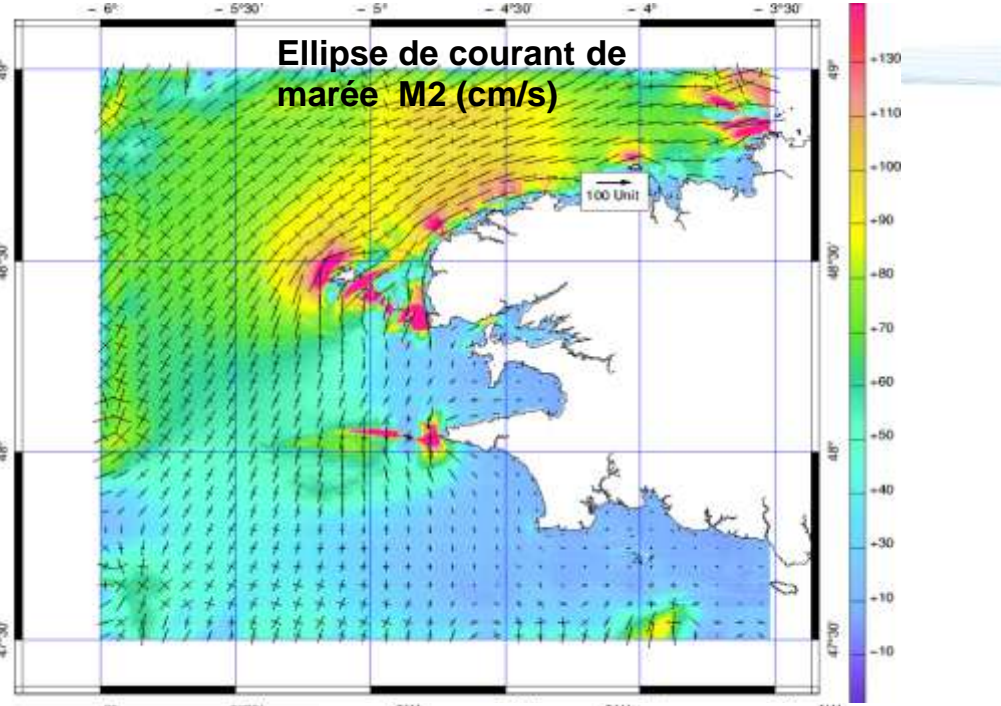
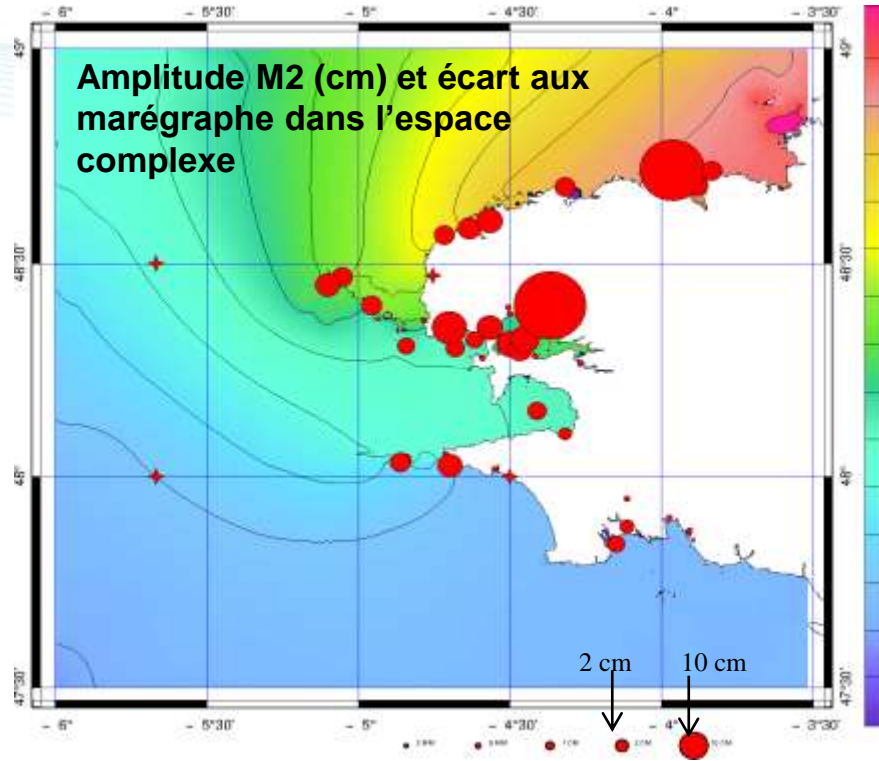
Scores: mesures vs modèle et atlas de marée

Ex: statistiques sur toute la
zone Iroise (46 points
d'observations)

Solution de marée	FES2012				FES2014				CSTFRANCE (2009) version officielle			
	MAE (1) (cm)	MAE norm (2)	RMSE (3) (cm)	RMSE norm (4)	MAE (1) (cm)	MAE norm (2)	RMSE (3) (cm)	RMSE norm (4)	MAE (1) (cm)	MAE norm (2)	RMSE (3) (cm)	RMSE norm (4)
M2	5.4	0.03	7.5	0.04	5.5	0.03	7.4	0.04	2.0	0.01	3.7	0.02
N2	2.2	0.03	3.0	0.04	2.3	0.03	3.0	0.04	0.5	0.01	0.9	0.02
S2	1.3	0.03	1.8	0.04	1.3	0.04	1.7	0.04	0.9	0.01	1.7	0.03
K2	0.8	0.04	1.0	0.05	0.8	0.04	1.0	0.05	0.3	0.02	0.5	0.03
Q1	0.2	0.08	0.2	0.10	0.2	0.08	0.2	0.08	0.1	0.05	0.2	0.08
O1	0.3	0.04	0.3	0.05	0.3	0.04	0.3	0.05	0.2	0.02	0.2	0.04
P1	0.3	0.16	0.4	0.19	0.3	0.15	0.4	0.16	0.1	0.05	0.2	0.08
K1	0.6	0.10	0.7	0.13	0.4	0.07	0.5	0.09	0.2	0.03	0.3	0.05

Code couleur des valeurs statistiques	Valeur de l'écart normalisé
Green	écart < 10%
Orange	10% ≤ écart < 25%
Red	25% ≤ écart

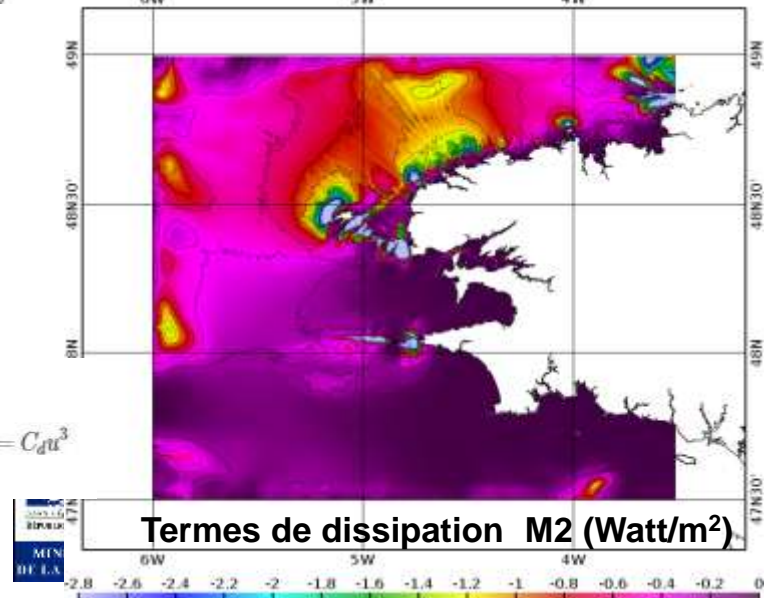
Un exemple de diagnostics par composante harmonique



⇒ Identification de forts écarts en amplitude pour les marégraphes de Lanildut, Trez-Hir, Port la Forêt et Saint-Nicolas. Cause: la limite terre-mer dans le modèle qui « voit » ces marégraphes comme étant en zone découvrante.

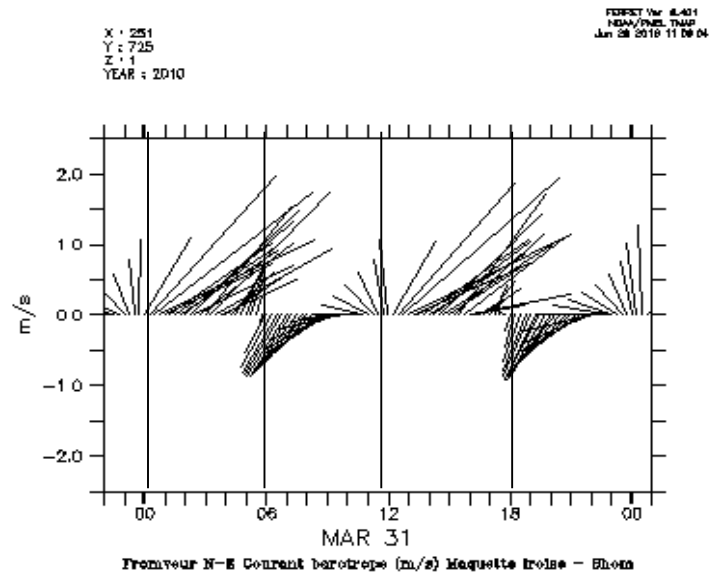
terme de dissipation $D = u.F$

$$D = C_d ||u|| u.u = C_d u^3$$

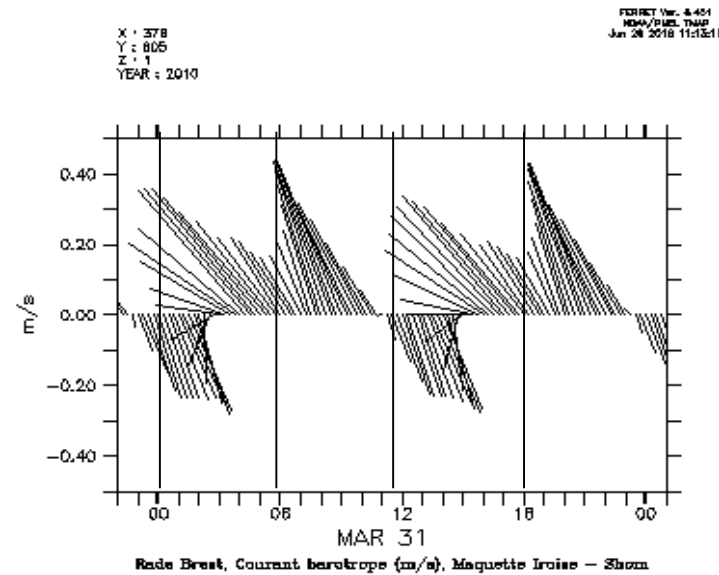


Courant de marée modèle sur une journée en condition de vives eaux moyennes

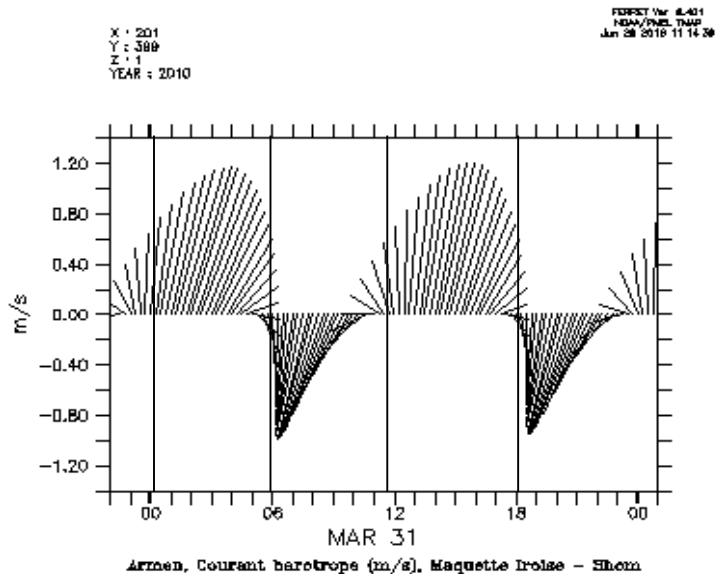
Trait vertical \Leftrightarrow Mi marée



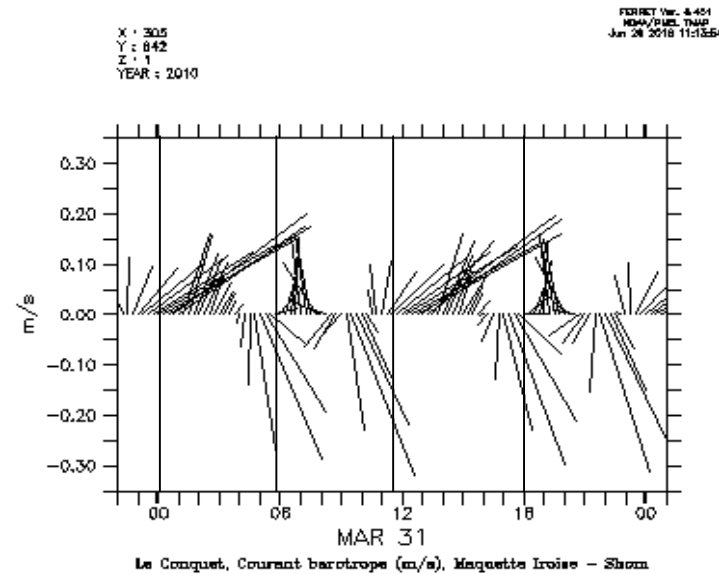
Fromveur N-E



Rade de Brest



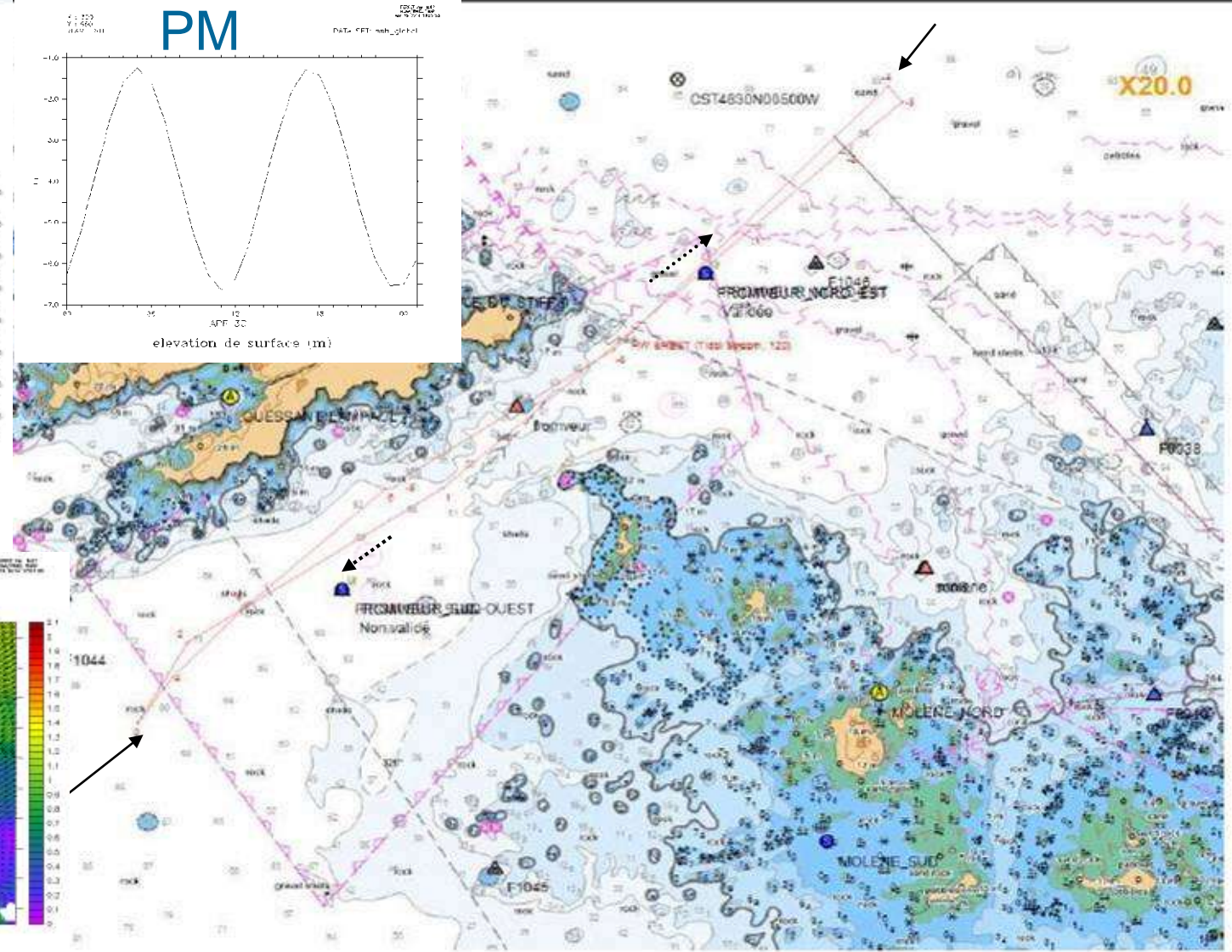
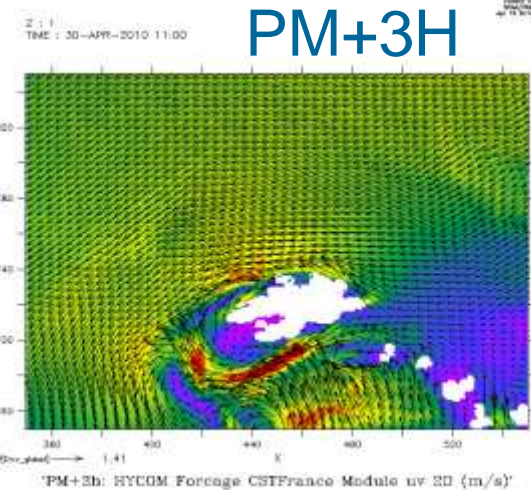
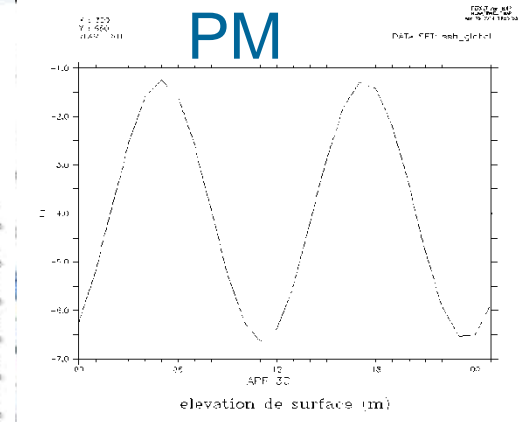
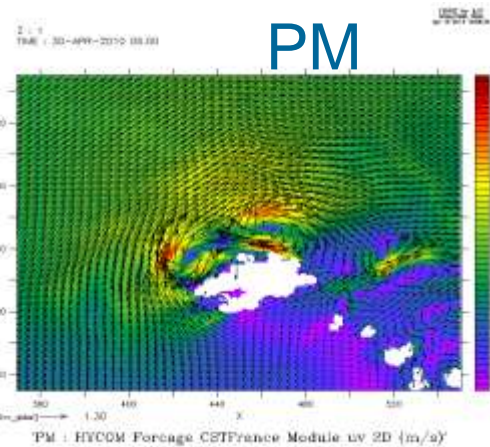
Armen



Le Conquet

Comparaison du courant de marée dans le Fromveur issu de HYCOM (gauche) et de la base de données de courant SHOM: Station + rose de courant de marée (à droite) en vives eaux moyennes.

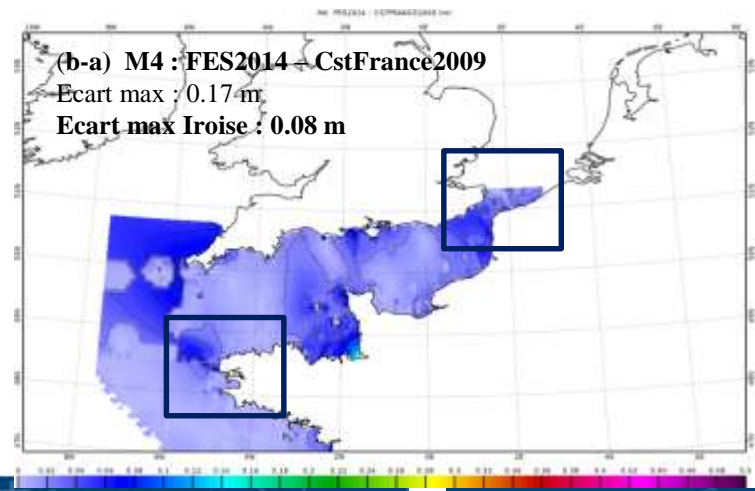
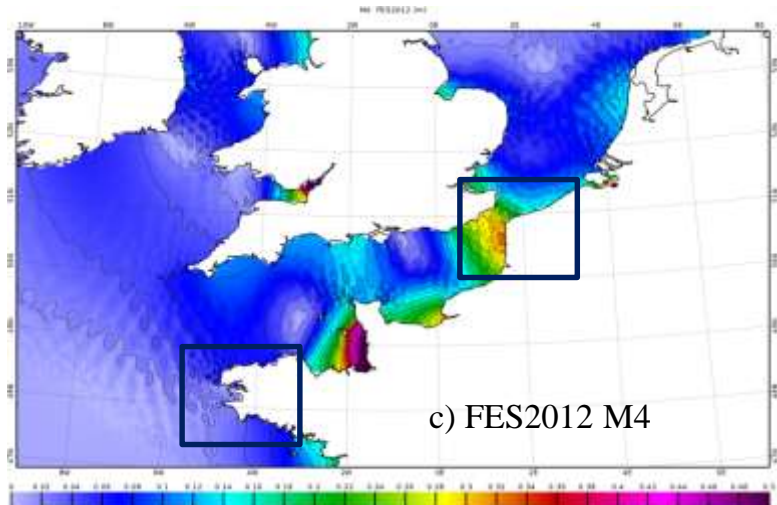
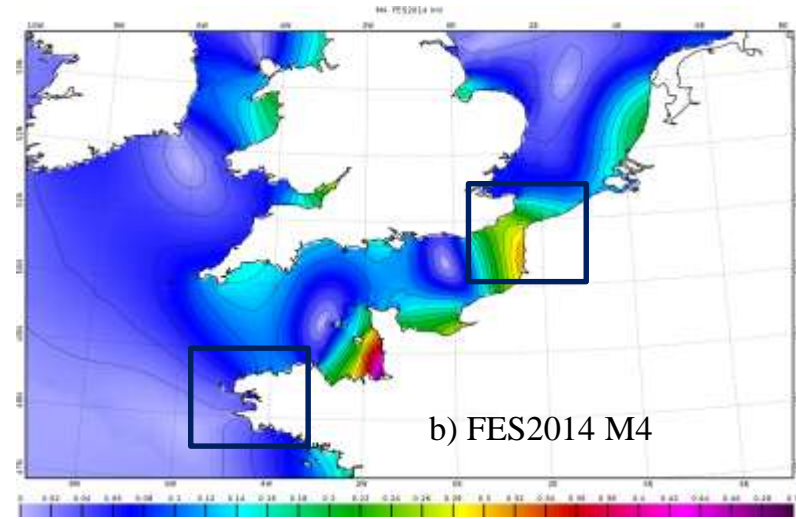
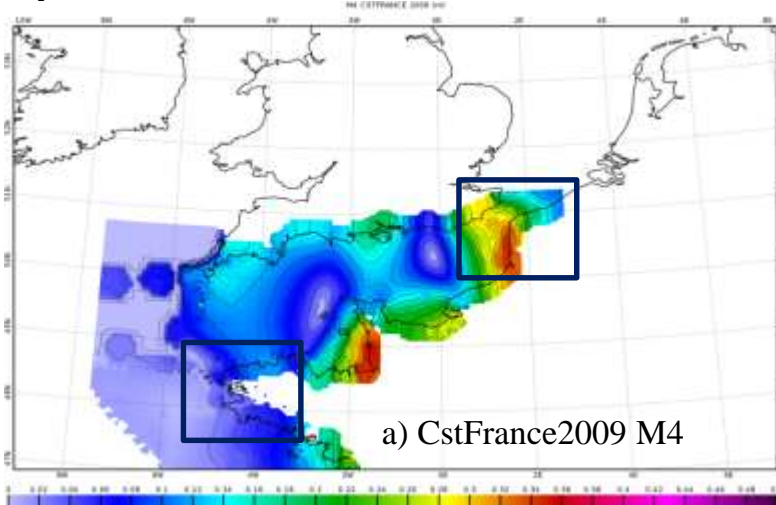
Carte UV HTCOM
(30/04/2010) à PM et
PM+3h



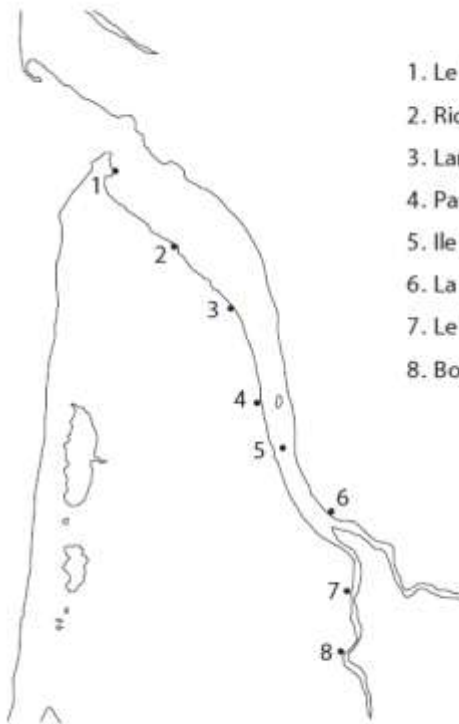
(Source Carte : B.de données courant marée SHOM)

Améliorer la précision de la marée dans HYCOM (Conditions aux limites du modèle de marée)

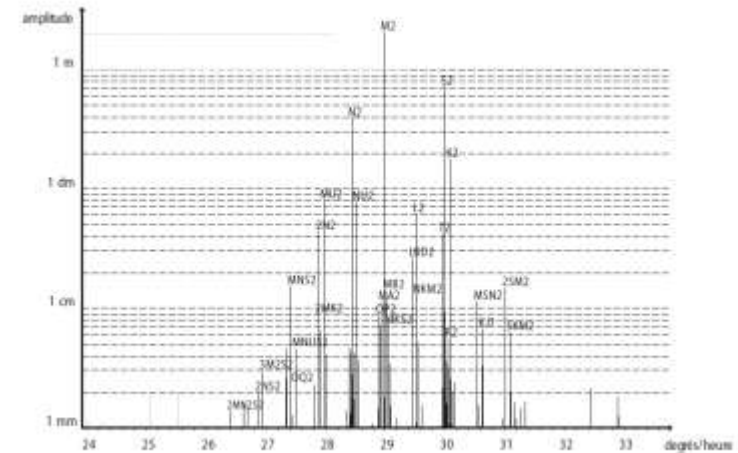
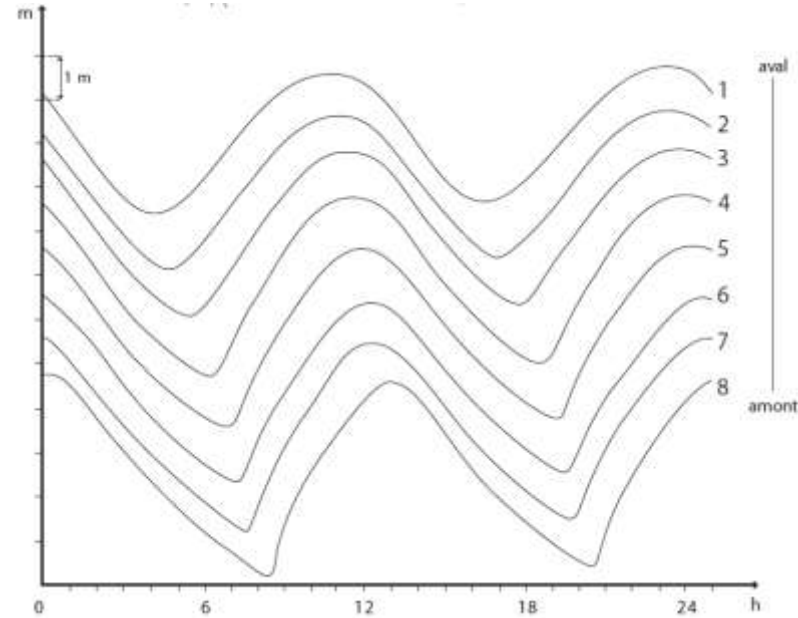
Diagnostic du signal de marée quart-diurnes dans l'espace complexe (onde de marée M4)



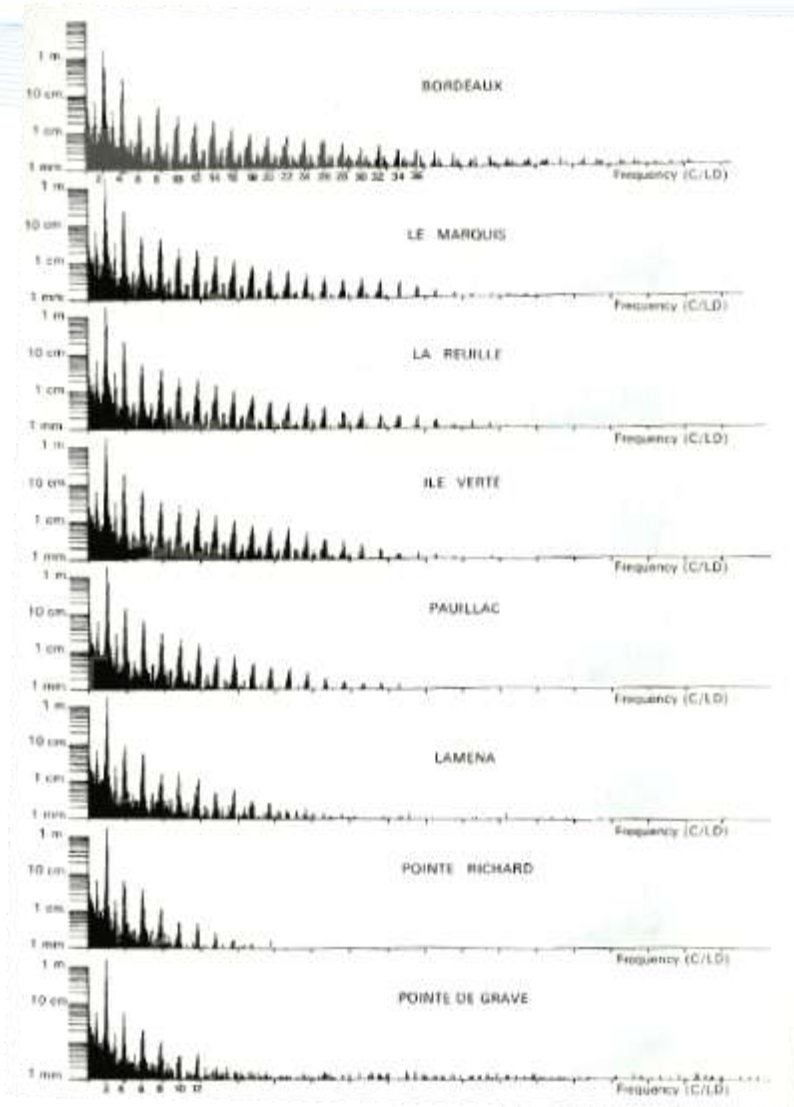
Analyse Harmonique avec fortes non linéarités



1. Le Verdon
2. Richard
3. Lamena
4. Pauillac
5. Ile verte
6. La Reuille
7. Le Marquis
8. Bordeaux



Analyse Harmonique avec fortes non linéarités



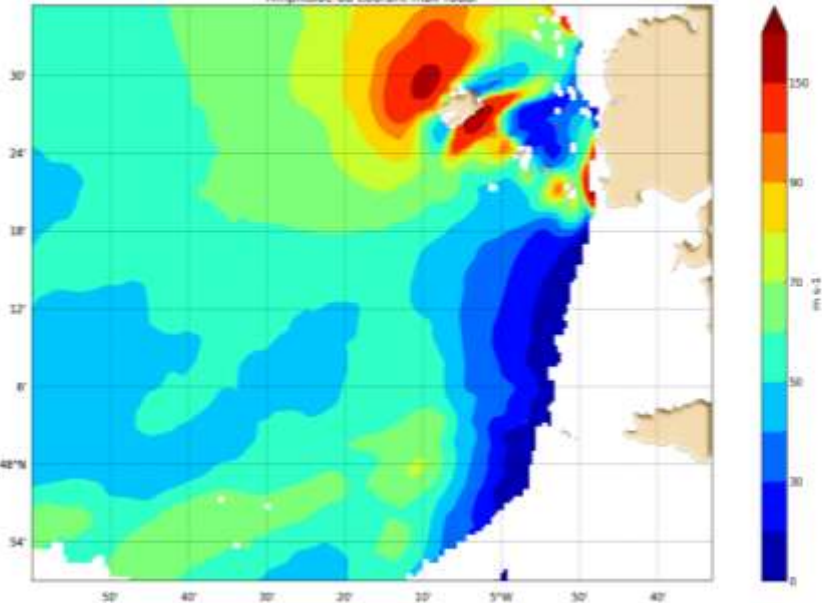
✓ Identification des composantes harmoniques par problème des moindres carrés

✓ Taille du problème :

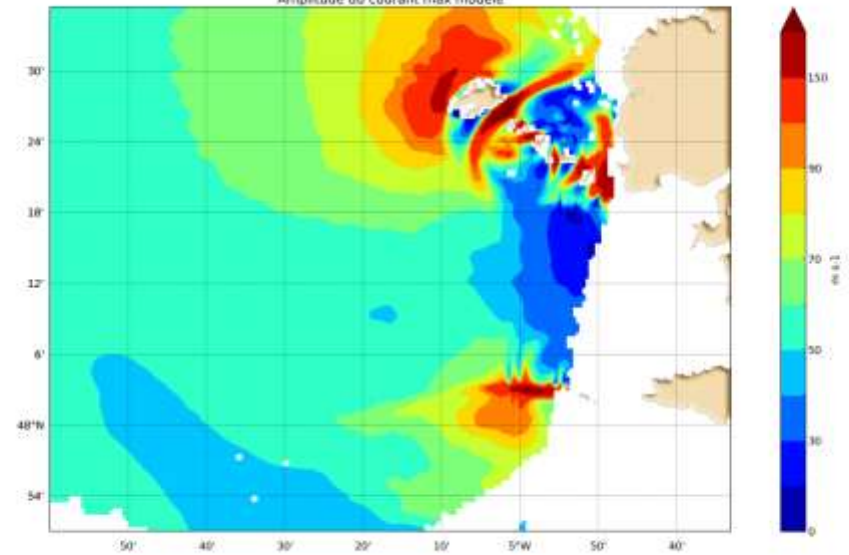
- Nb de paramètres à identifier : 2 fois le nombre de composantes harmoniques
- Nb d'équations le nb d'instant d'observation horaires (typiquement 100000)

Observations/simulation du courants de marée

Amplitude du courant max radar



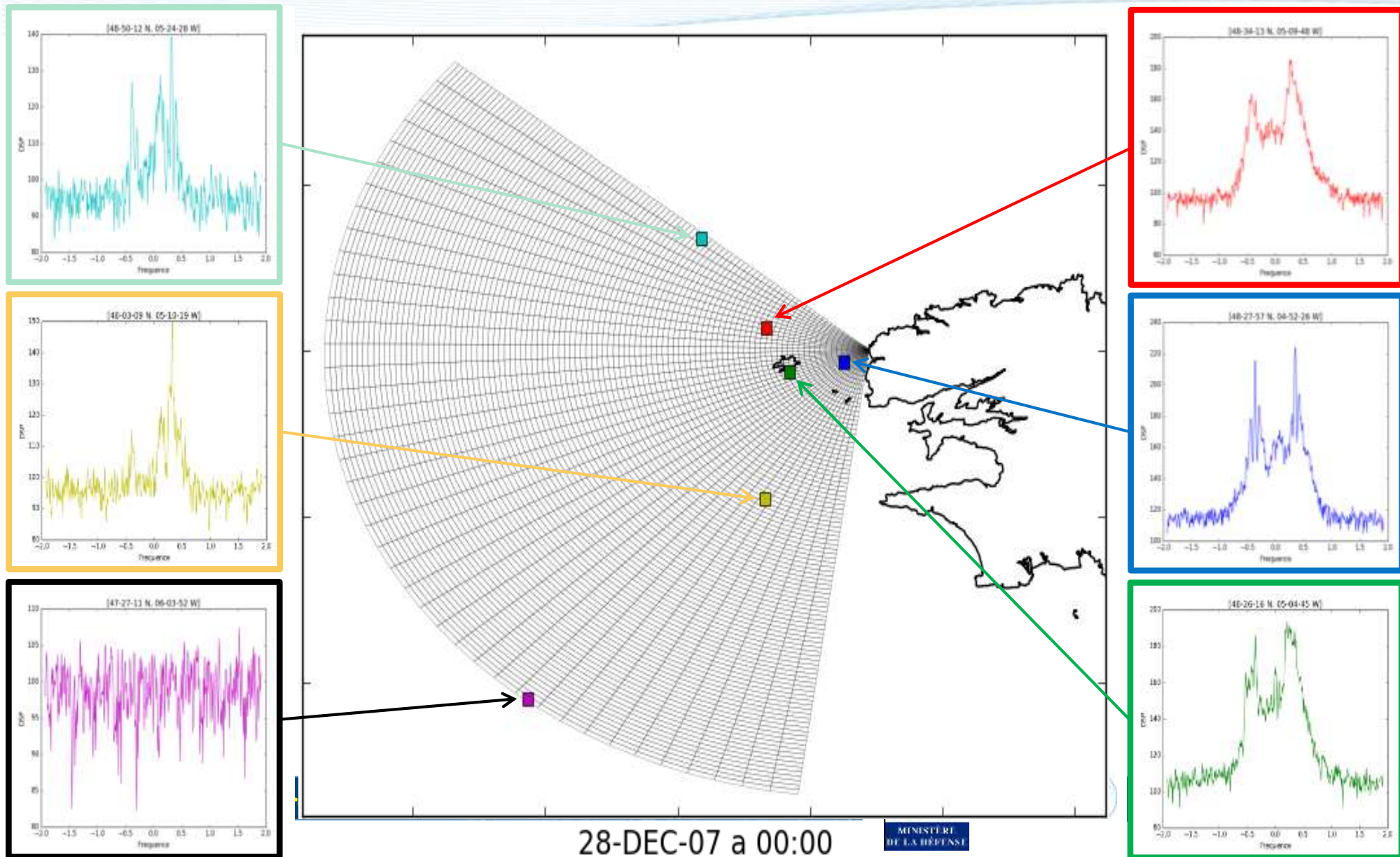
Amplitude du courant max modele



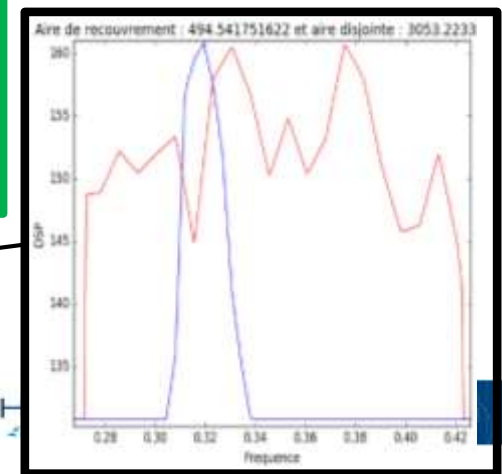
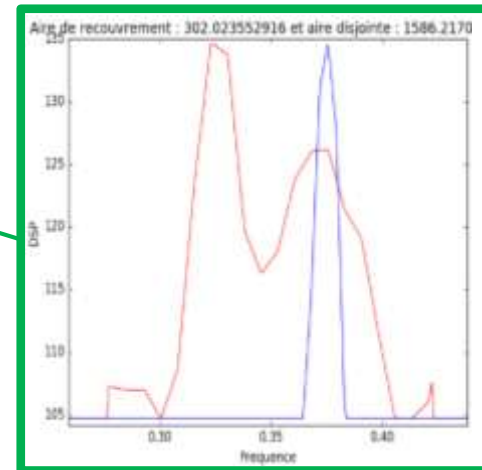
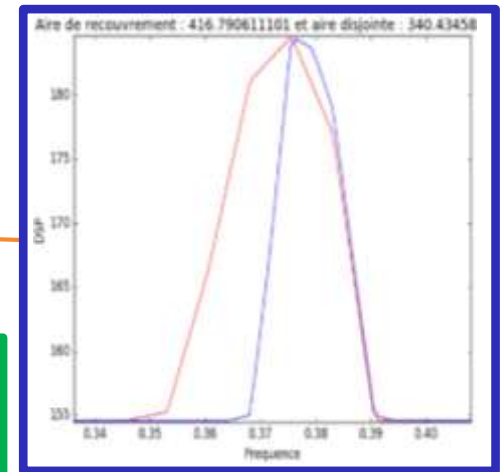
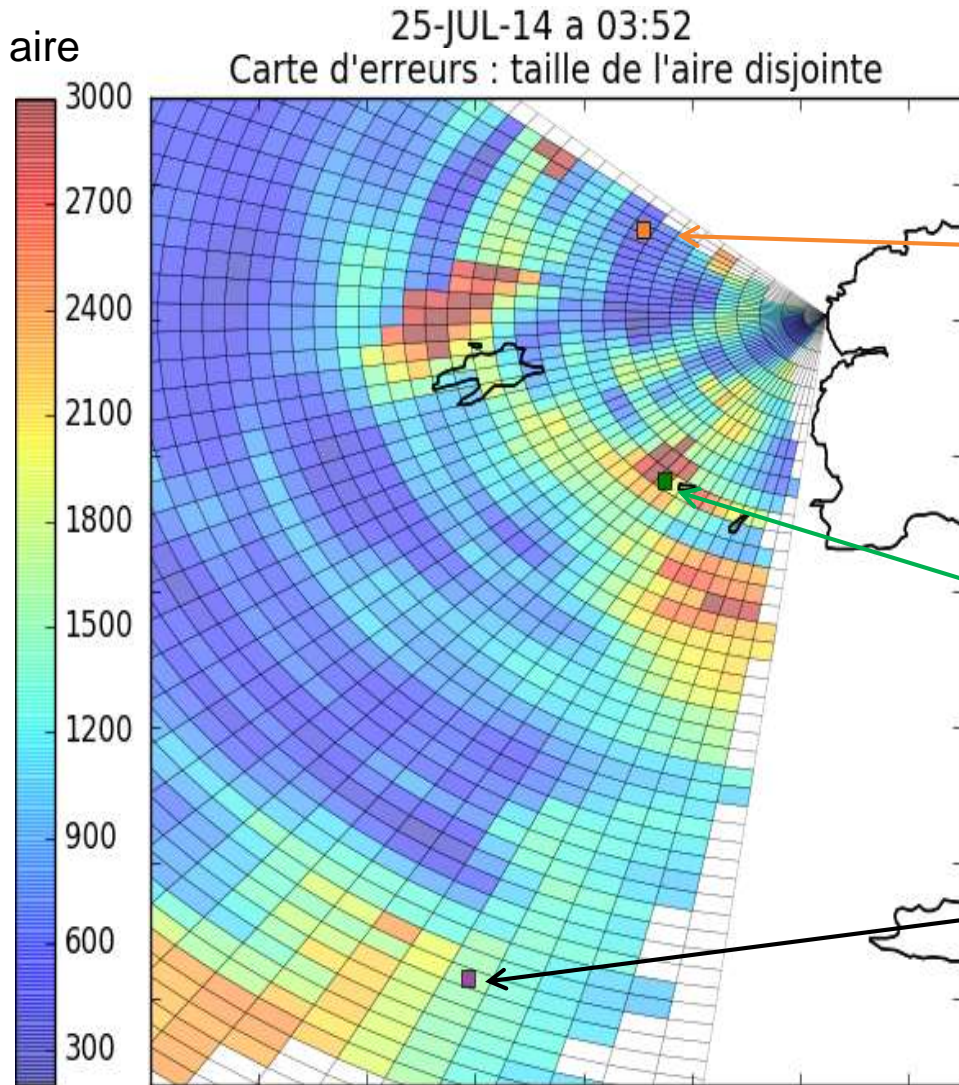
Analyse Harmonique du
Courant de surface observé
par radar HF composante
M2

Analyse Harmonique du
Courant de surface simulé
composante M2

Observations du courants de marée par radar HF



Reconstitution de spectre et mesure d'erreurs



Retraitement de l'archive

Deux radars HF en place depuis 10 ans en Iroise

16 antennes

100 cases distances radiale

~ 4 chirps/seconde

Taille de l'archive : $4 * 86400 * 365 * 10 * 100 * 16 * 8 * 2 * 2 = 32$ To

Retraitement pour l'amélioration de la résolution spatiale sur partie de l'archive à la demande.

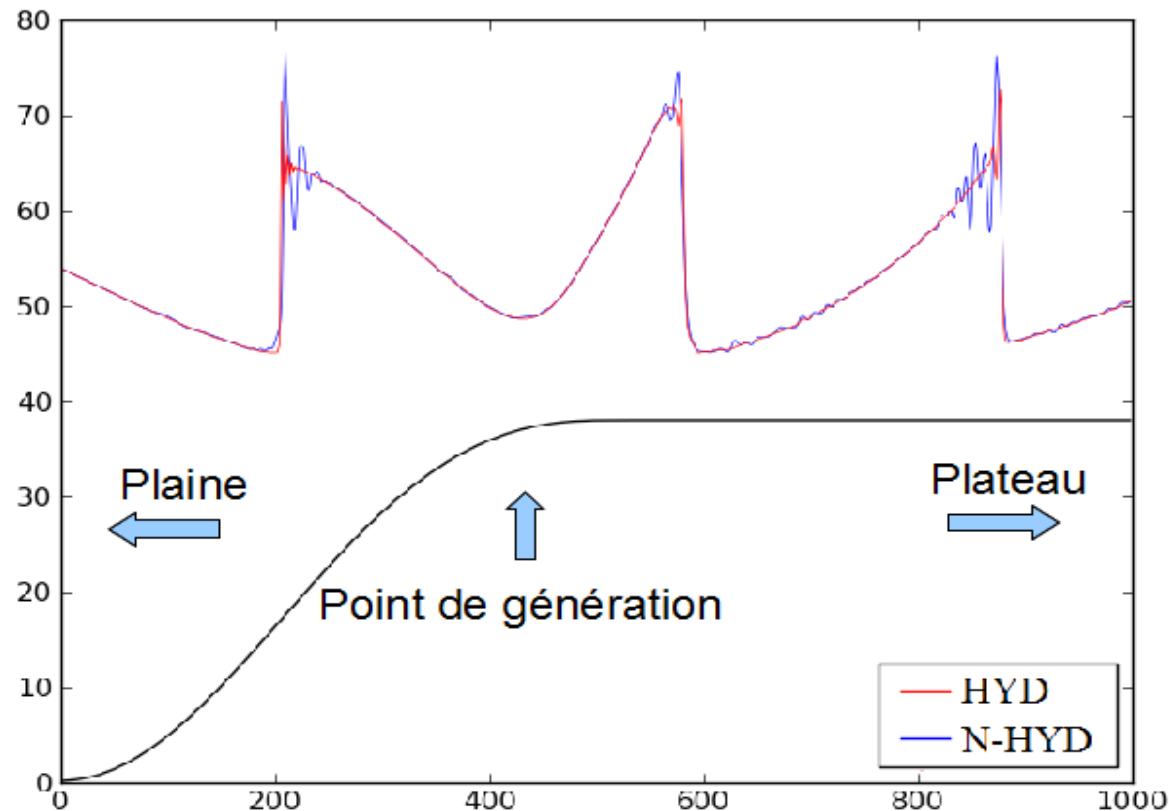
Une semaine de données pour un site : 650 Go

Service de la défense

✓Fines échelles

Simulation d'un train de solitons

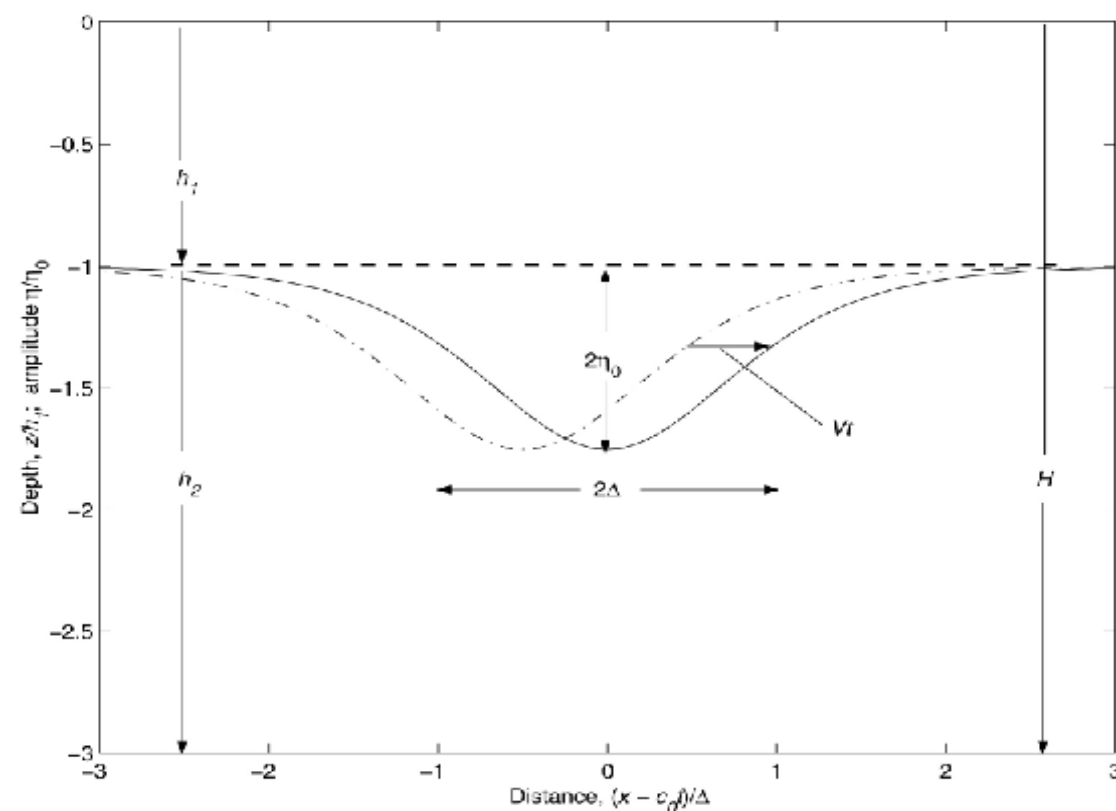
- On intègre dans HYCOM la **pression non-hydrostatique** qui dépend de la vitesse verticale dans chaque couche
- Pour $dx = 100\text{m}$, $H_1 = 50\text{m}$, une onde S2 d'une amplitude de 3 m, $\varphi = 47^\circ\text{N}$, on compare les résultats hydrostatatiques et non-hydrostatatiques



Théorie non-linéaire non-hydrostatique

- Equation de Korteweg de Vries :

$$\eta_t + c_0 \eta_x + \frac{3}{2} \frac{(H_1 - H_2)}{H_1 H_2} c_0 \eta \eta_x + \frac{1}{6} H_1 H_2 c_0 \eta_{xxx} = 0$$



- Solution simple :

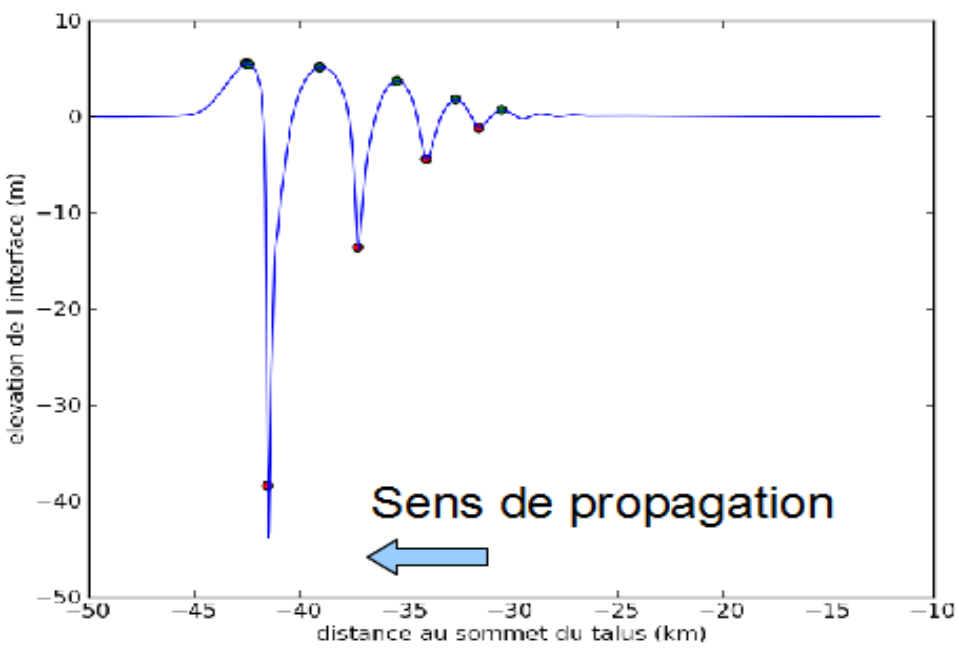
$$\eta(x, t) = 2\eta_0 \operatorname{sech}^2 \left(\frac{x - Vt}{\Delta} \right)$$

- Avec :

$$\Delta = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{(H_1 H_2)^2}{(H_1 - H_2) \eta_0}}$$

$$V = c_0 \left(1 + \frac{H_1 - H_2}{H_1 H_2} \eta_0 \right)$$

Relation entre Δ et η_0 dans HYCOM

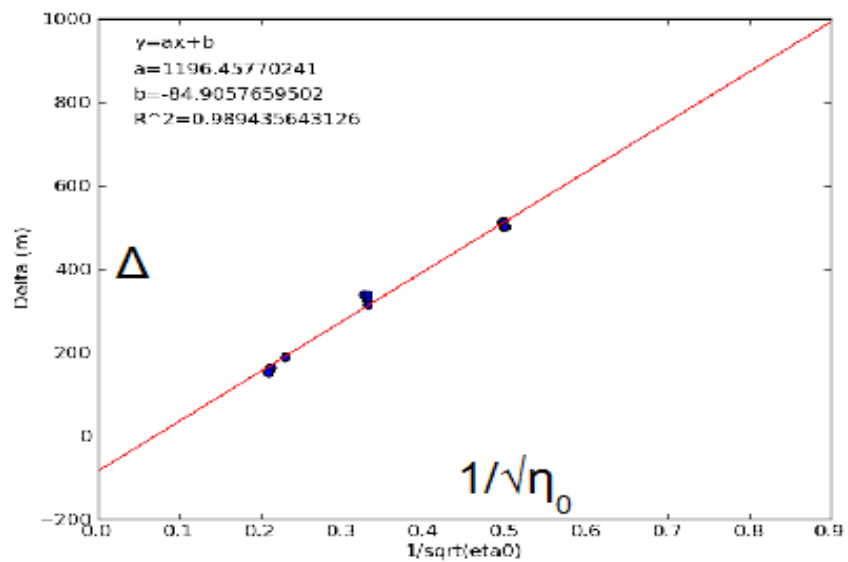
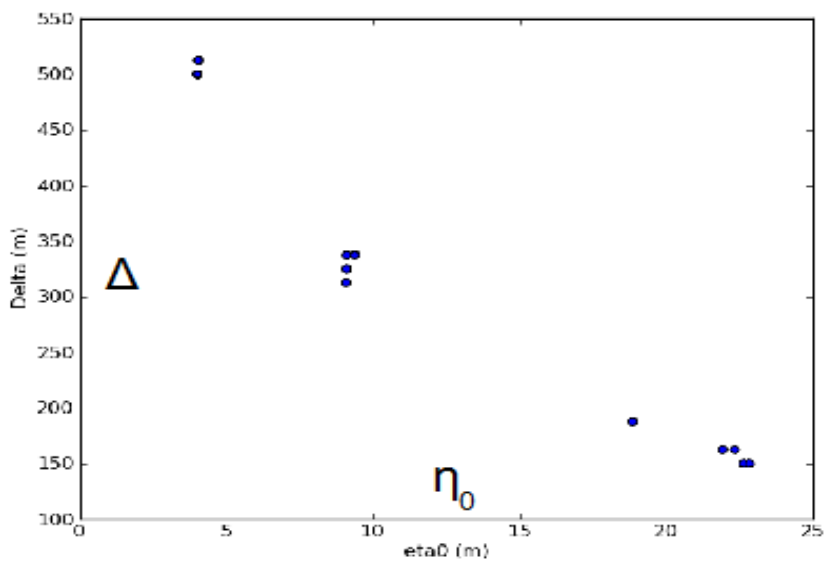


- Un algorithme permet d'extraire Δ et η_0 des résultats de HYCOM

- On teste : $\Delta = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{(H_1 H_2)^2}{(H_1 - H_2) \eta_0}}$

- En théorie : une pente de $2,6 \cdot 10^3 \text{ m}^{3/2}$

- On obtient : une pente de $1,2 \cdot 10^3 \text{ m}^{3/2}$ avec $R^2 = 0,99$



Ondes internes générées sur le seuil Camarinal

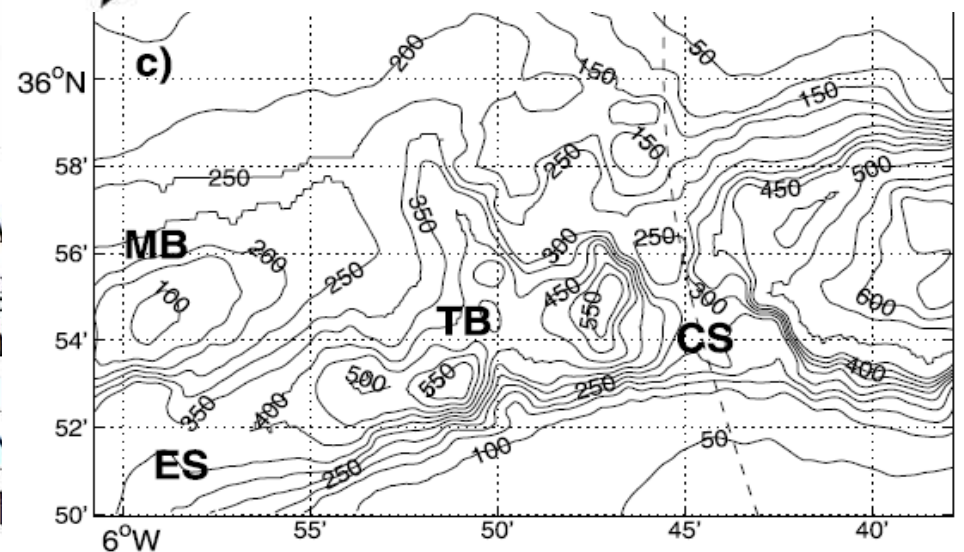
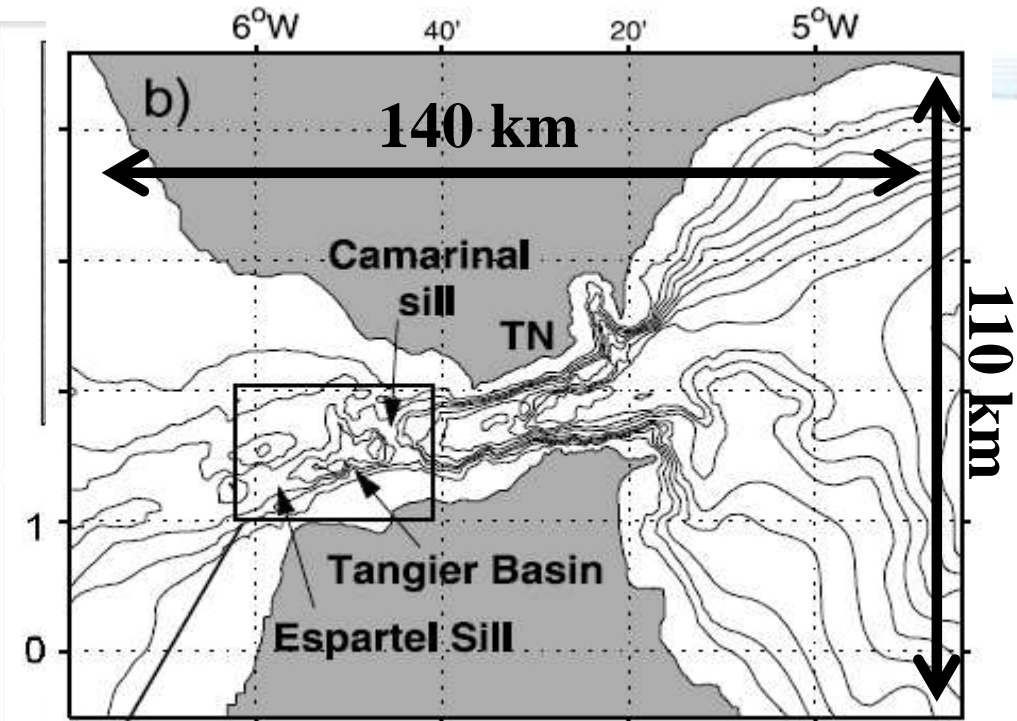
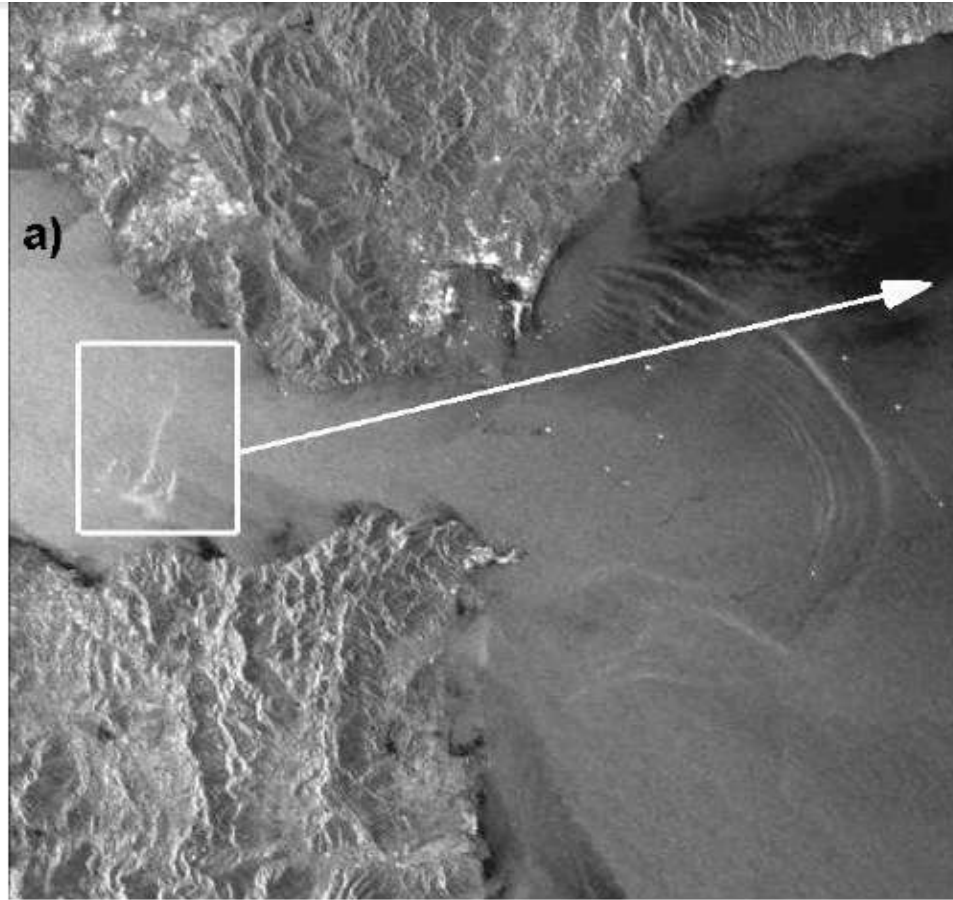
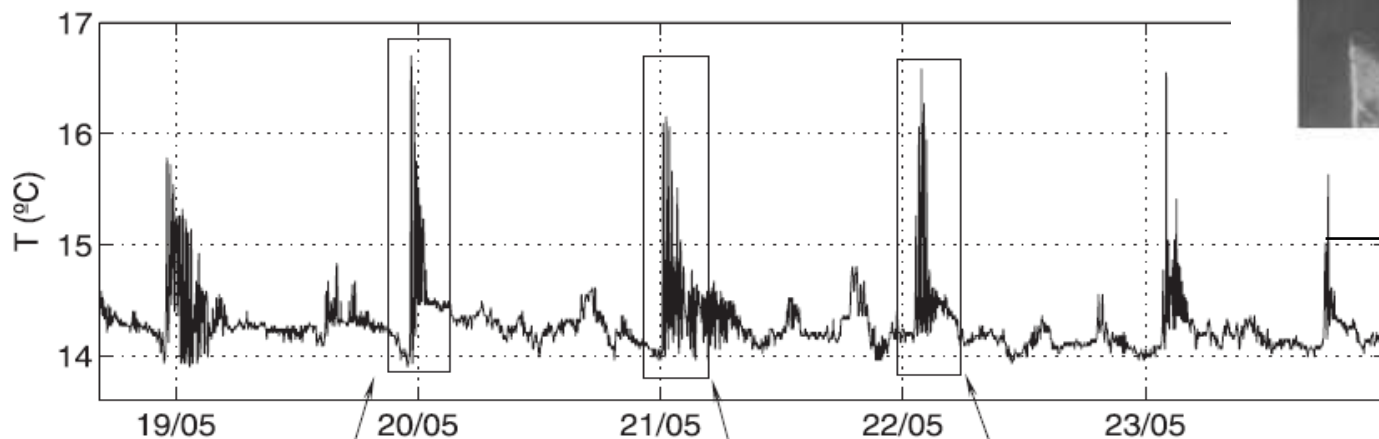
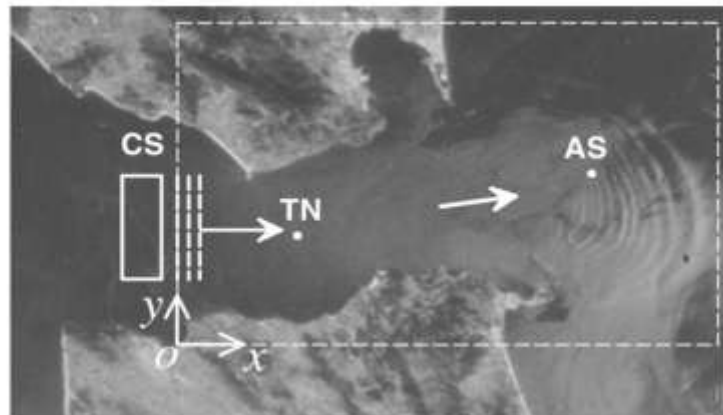


Figure 1. (a) Synthetic aperture radar (SAR) Strait of Gibraltar showing the developing in Camarinal Sill (CS) and the propagation generated packet of large-amplitude internal in the Alboran Sea (date of reception: 28 1 22:09; Envisat ASAR data were provided 1



Deux points TN et AS
 29 avril 2003 – 22 mai
 Capteurs : CTD et couranto
 46 trains d'onde bien définis

Ondes classés pas
 nécessairement classées par
 ordre de taille comme
 attendu par la théorie lors de
 la « simple » dégénérescence
 d'un ressaut interne
 (Whitham 1974, Apel 2003)

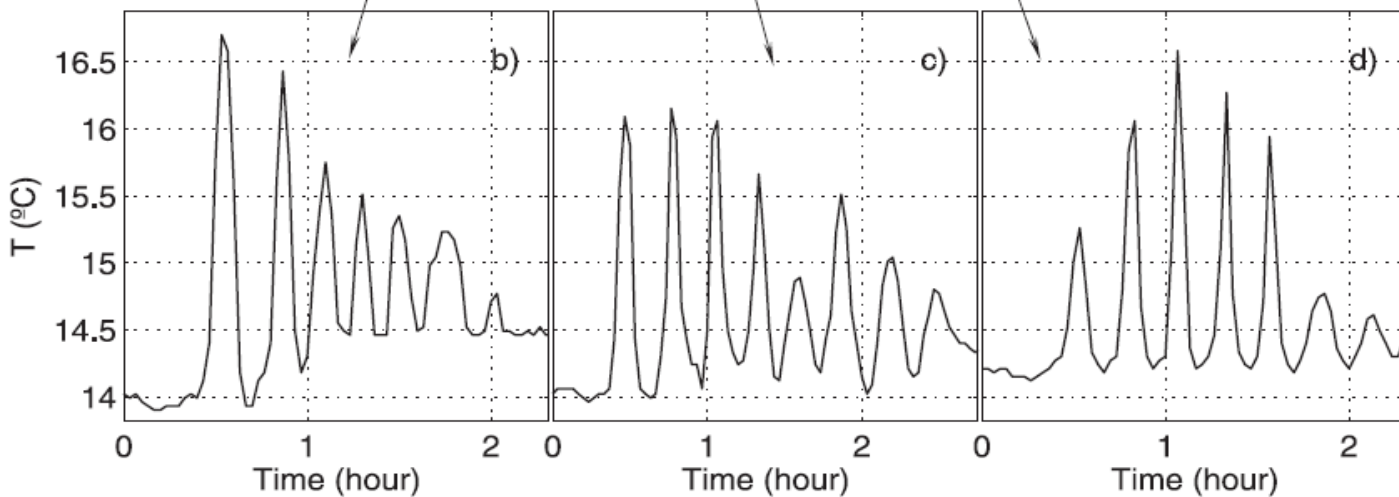
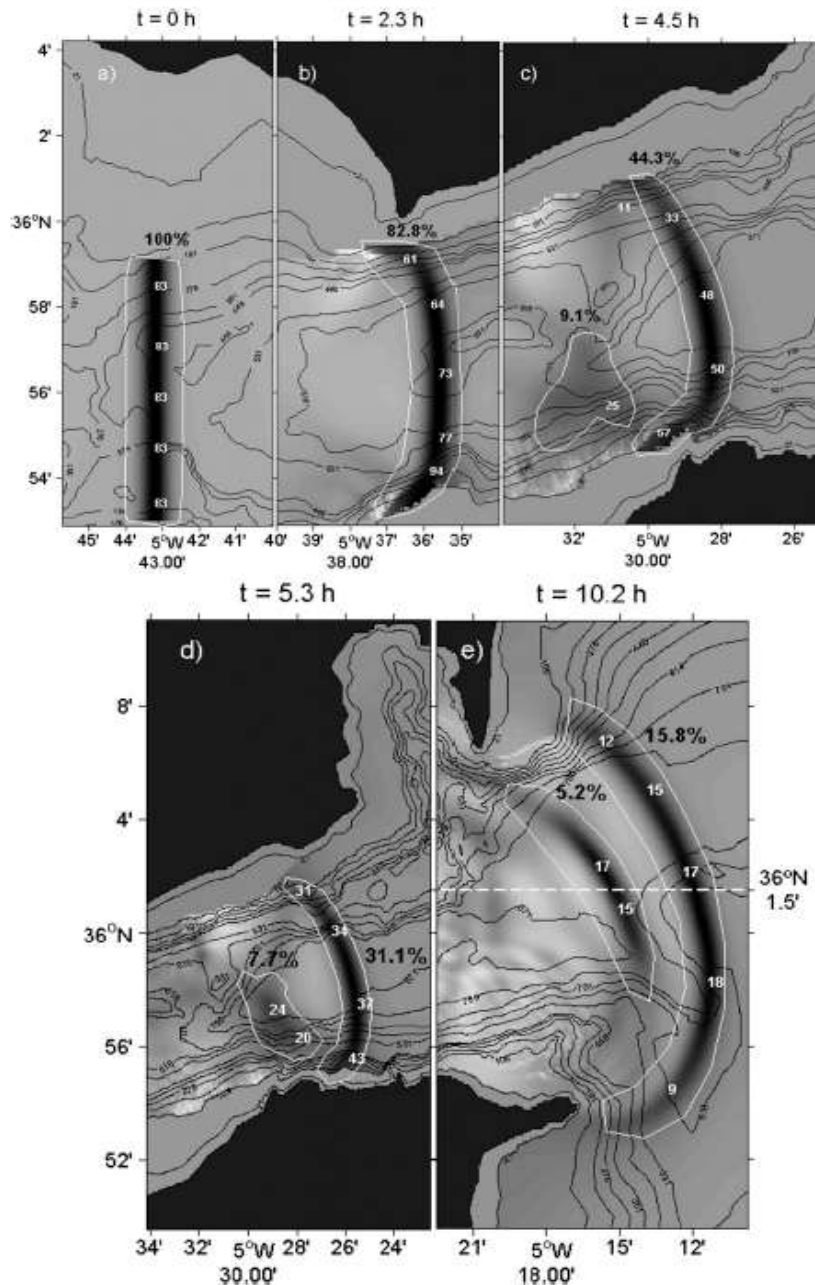
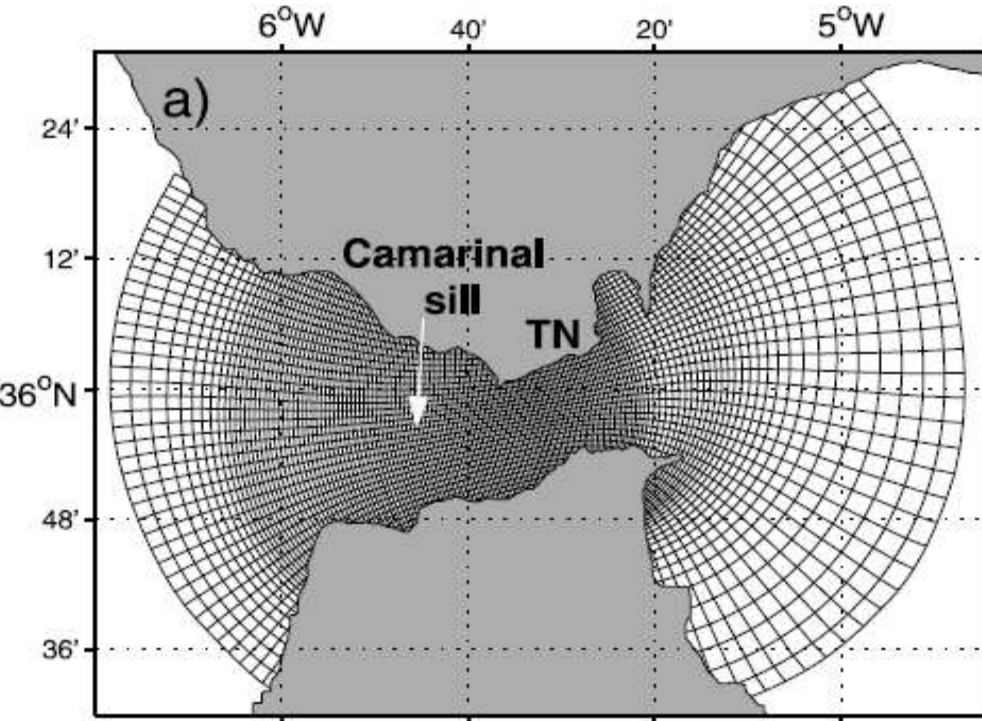


FIG. 2. (a) A fragment of the temperature time series recorded at the AS mooring 85-m depth (see Fig. 1). Zoom-ins: Details of three particular fragments representing (b) well-organized, (c) partly rank-ordered, and (d) non-rank-ordered packets of LAIW.

Vlasenko et al, JPO 2009



- Modélisation MITGcm
($dx=50m$ $dy=200m$, $Dz=7m$ en surface
 $Dz=50m$ en dessous de $300m$, full NH,
fermeture Pacanowksi et Philander
 $+v_H=0.01$ m²/s)
- Initialisation d'une seule onde issue
de KdV
- Dépression en surface de quelques
cm
- Dissipation de l'onde principale
(interaction fond, déferlement) et
génération d'une onde secondaire
(notamment via des effets 3D de
réflexion sur les bords et sur les
aspérités bathy)



- Modélisation MITGcm (1440 * 210 points, NH, Boussinesq, incompressible, $dx=46$ à 63 m dans le détroit, $dy=175-340$ m, 53 niveau z : $Dz=7.5$ m en surface $Dz=50$ m en dessous de 300 m, full NH, fermeture Pacanowksi et Philander + $v_H=0.01$ m²/s)
- Génération et propagation
- Classification des régimes en fonction du régime marée (modéré entre 3 et 4 Sv, fort au-delà de 4 Sv en dessous de 3Sv ?)
- Dissipation de l'onde principale (interaction fond, déferlement) et génération d'une onde secondaire (notamment via des effets 3D de réflexion)

Service de la défense

- ✓ Recherche fines échelles
- ✓ Assimilation de données

Filtre basé sur l'ensemble

- (i) Difficultés de créer des ensembles qui représentent bien l'espace de l'erreur de prévision;
- (ii) Pas de critère sur la question de stabilité du filtre (sous-espace de correction n'est pas choisi sur le critère de stabilité du filtre);
- (iii) Ensembles des échantillons utilisés sont obtenus de manière très empiriques (les procédures de sélection des membres pour l'ensemble sont très empiriques;

Filtre adaptatif

Ensemble d'échantillons d'erreur de prévision sont les vecteurs Schur dominants :

- (i) Très facile à générer (par intégration du modèle direct);
- (ii) Ils représentent les directions de croissance les plus rapides d'erreur de prévision;
- (iii) Garantie de la stabilité du filtre;

Filtre adaptatif ...

La matrice d'erreur de prévision (ECM)

(i) a une structure avec les variables séparées (SVS) : elle est présentée comme le produit Kronecker de deux matrices, l'une est une fonction de la coordonnée verticale, l'autre – fonction de deux coordonnées horizontales;

(ii) Ces deux matrices sont obtenues comme la solution du problème de minimisation de la distance entre la matrice ECM construite sur la base de vecteurs Schur dominants et les membres de classe de matrice avec SVS;

La procédure de minimisation :

Méthode d'optimisation stochastique avec les perturbations simultanées

(i) Pas besoin de LT, AM

Le coût : deux ou trois fois d'intégration du MD ;

Stabilité du filtre :

(i) Garantie par les vecteurs de Schur;

(ii) Paramètres du gain à optimiser : pour avoir une classe de filtre stables; pas besoin de structure ;

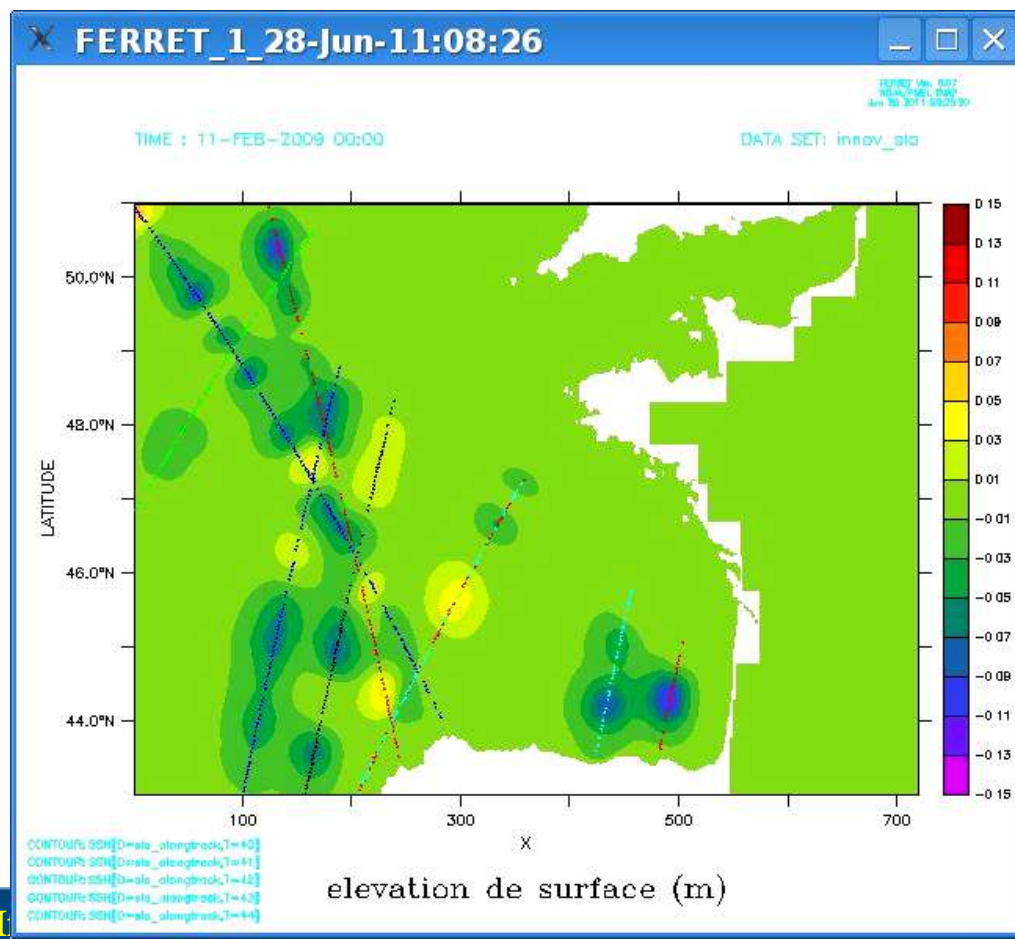
(iii) Optimalité du filtre : minimum de l'erreur de prévision pour la sortie du modèle (de vecteur d'innovation)

Application du filtre adaptatif pour **HYCOM** (**HYbrid Coordinate Ocean Model**)

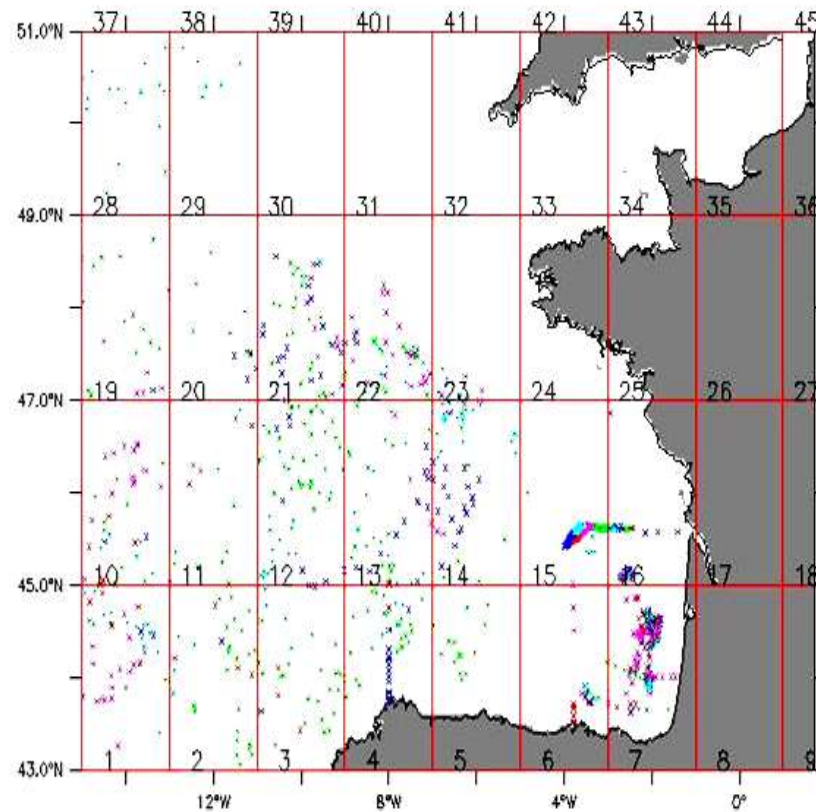
- Z-coordinate near surface
- Isopycnal coordinate in the deep ocean
- Terrain following near the bottom
- Variables = (h,u,v,T,S)
- Grid = (720 x 471 x 40)
- 1,8 km resolution
- Forced: boundary mesoscale from basin model MERCATOR
- Tides
- Real ECM atmospheric forcing fields at surface
- Regional model of the Bay Biscay

Expérience HYCOM, 2010

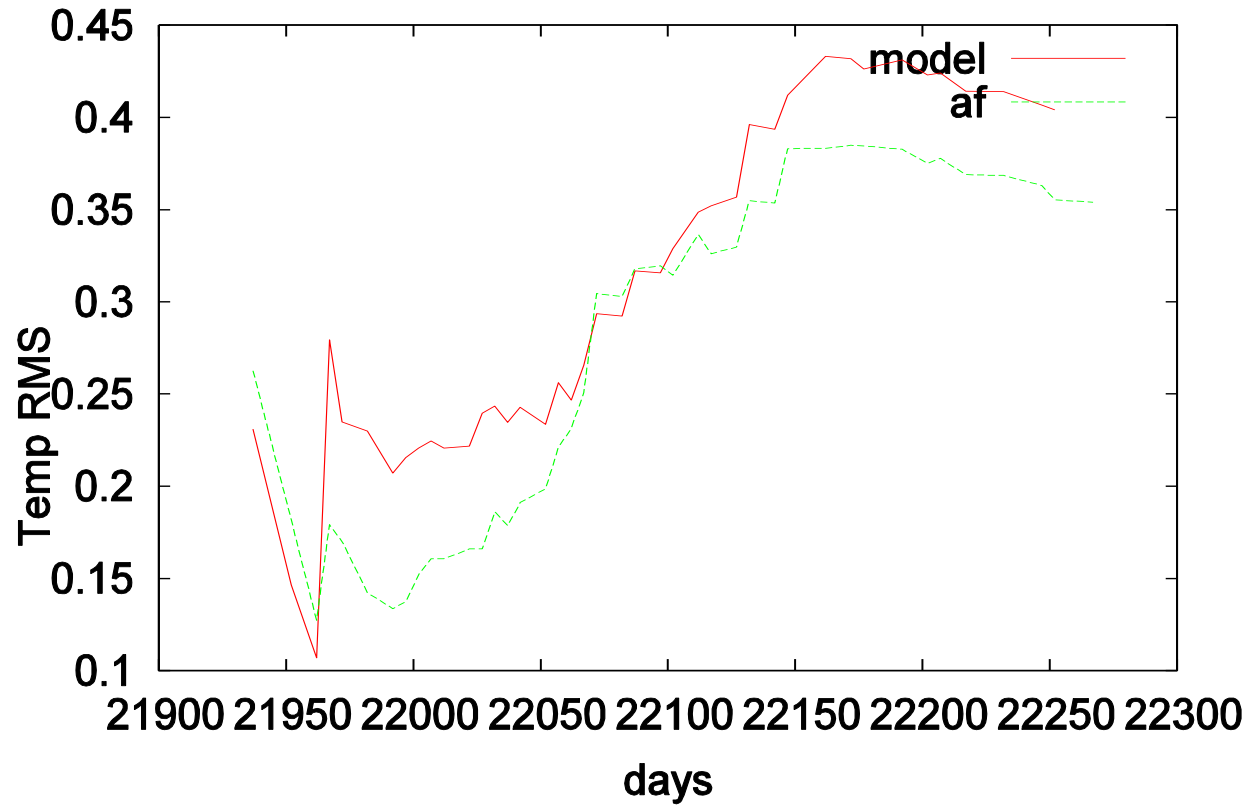
SSH – 28/06/2010 –
altimetry tracks –



In-situ observation locations from 0 to 2000m, T + S, 2010



Time average RMS Temp, 10-30 m



Service de la défense

- ✓ Recherche fines échelles
- ✓ Assimilation de données
- ✓ Optimisation stochastiques de paramètres

Algorithme Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation (SPSA)

- Introduit par James C. Spall (Johns Hopkins University) au début des années 1990

- Algorithme itératif : $\hat{\theta}_{k+1} = \hat{\theta}_k - a_k \hat{g}_k(\hat{\theta}_k)$

avec $\hat{\theta}_k$ le vecteur de contrôle à l'itération k

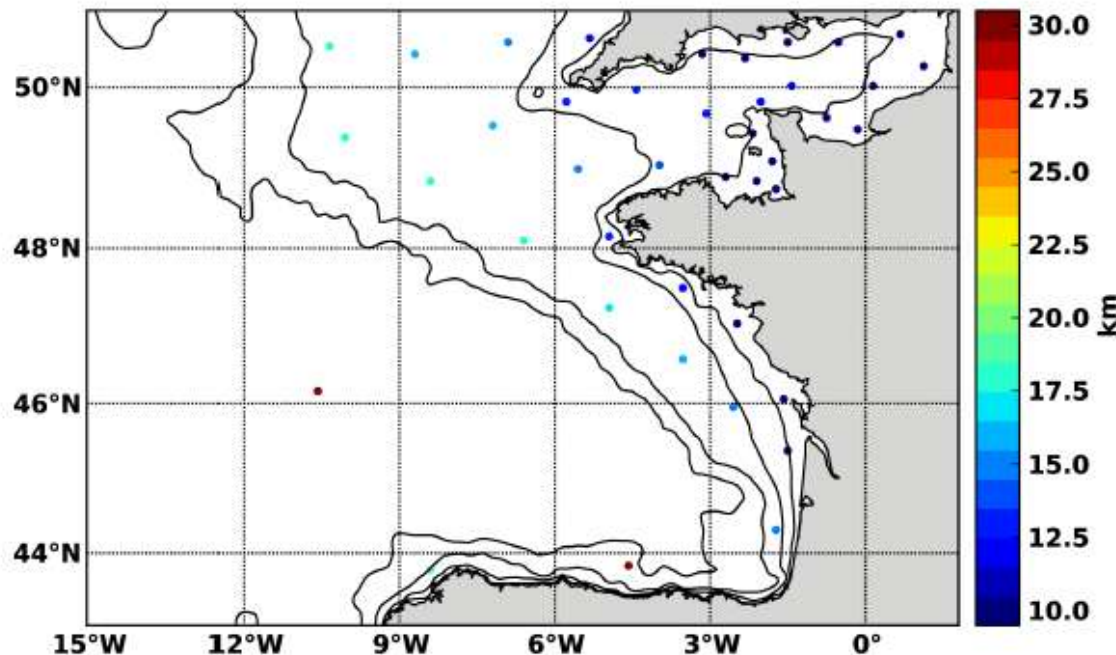
- Estimation du gradient de fonction coût \hat{g}_k avec deux calculs de la fonction coût où le vecteur de contrôle est perturbé simultanément :

$$\hat{g}_{ki} = \frac{J(\hat{\theta}_k + c_k \Delta_k) - J(\hat{\theta}_k - c_k \Delta_k)}{2c_k \Delta_{ki}}$$

$$\Delta_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{probabilité } 1/2 \\ -1, & \text{probabilité } 1/2 \end{cases}$$

Localisation des points d'interpolation

- Réduction de la dimension du vecteur de contrôle : 41 points de collocation
- Interpolation du champ complet de paramètres à partir des valeurs aux points de collocation



Positions des points de collocation et valeurs des rayons d'influence

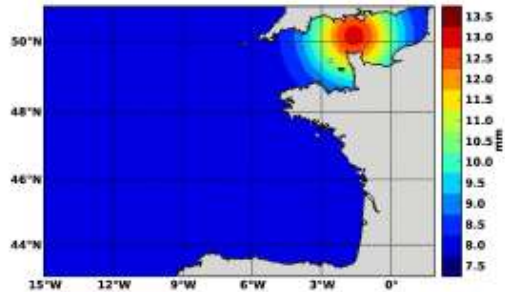
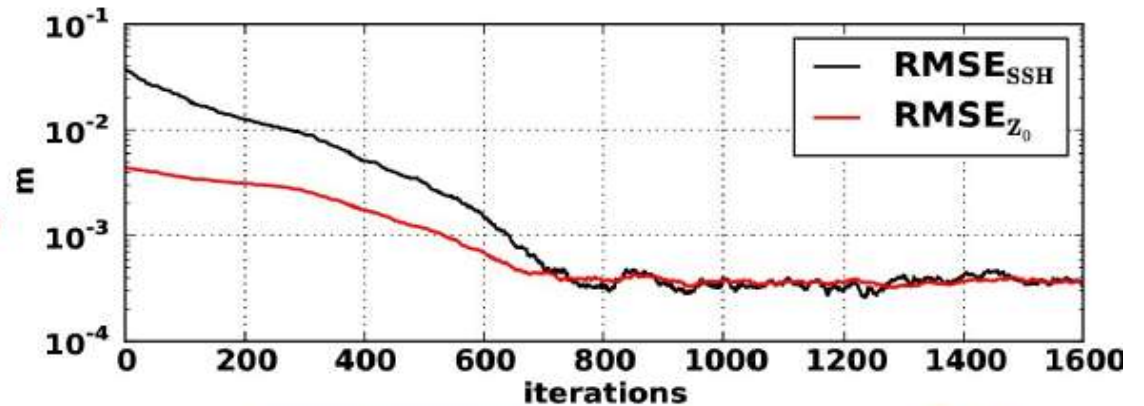
Résultats

Distribution initiale de z_0 fixée à 5 mm spatialement uniforme

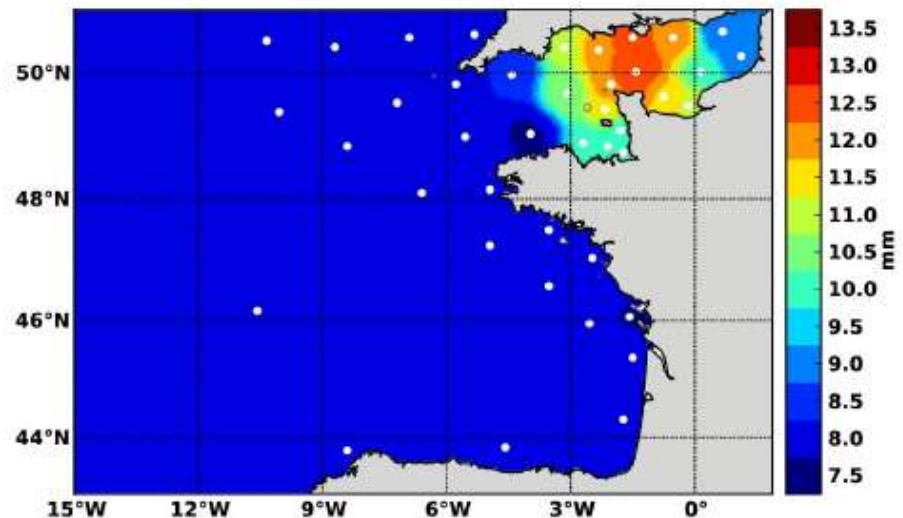
Évolutions de :

l'erreur sur l'observation

l'erreur sur les paramètres



Distribution de référence



Distribution de z_0 obtenue à la fin de l'expérience

Service de la défense

- ✓ Recherche fines échelles
- ✓ Assimilation de données
- ✓ Optimisation stochastiques de paramètres
- ✓ Spectral nudging / Opérationnel

Spectral Nudging – Configuration Golfe de Gascogne à 1.7kms

Fenêtre d'assimilation : 5 jours

Coupure du spectre à 50 kms

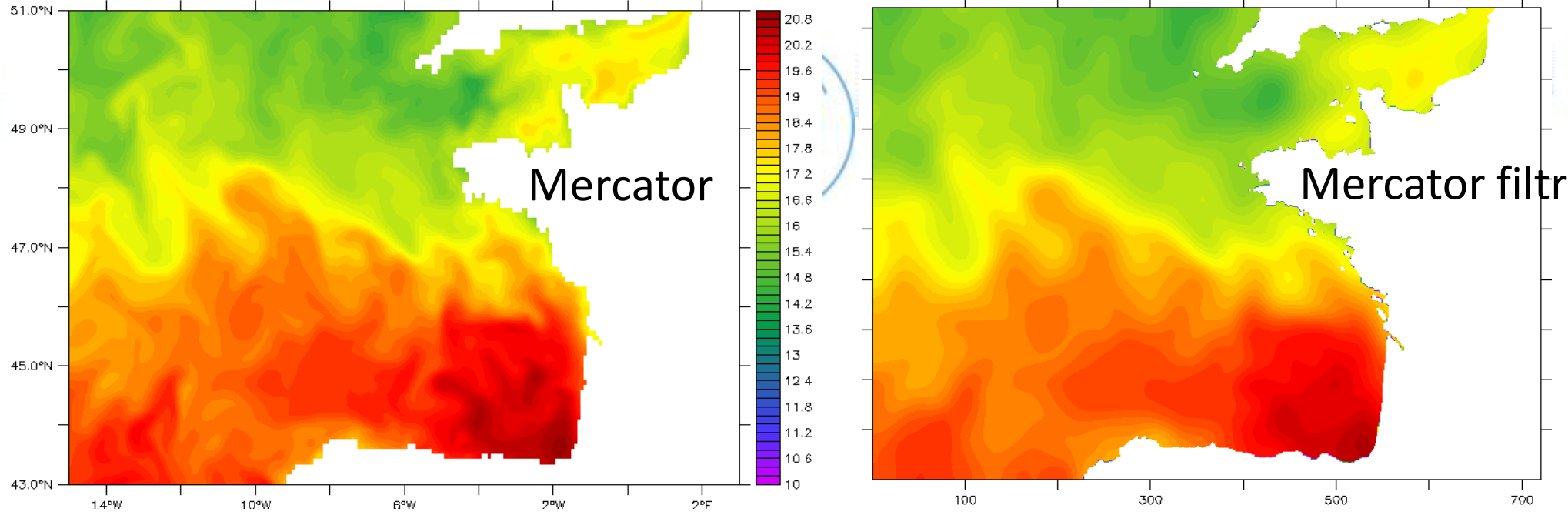
Nudging actif si la topo > 400m

Rappel centré vers les sorties Mercator analysées au milieu de la fenêtre

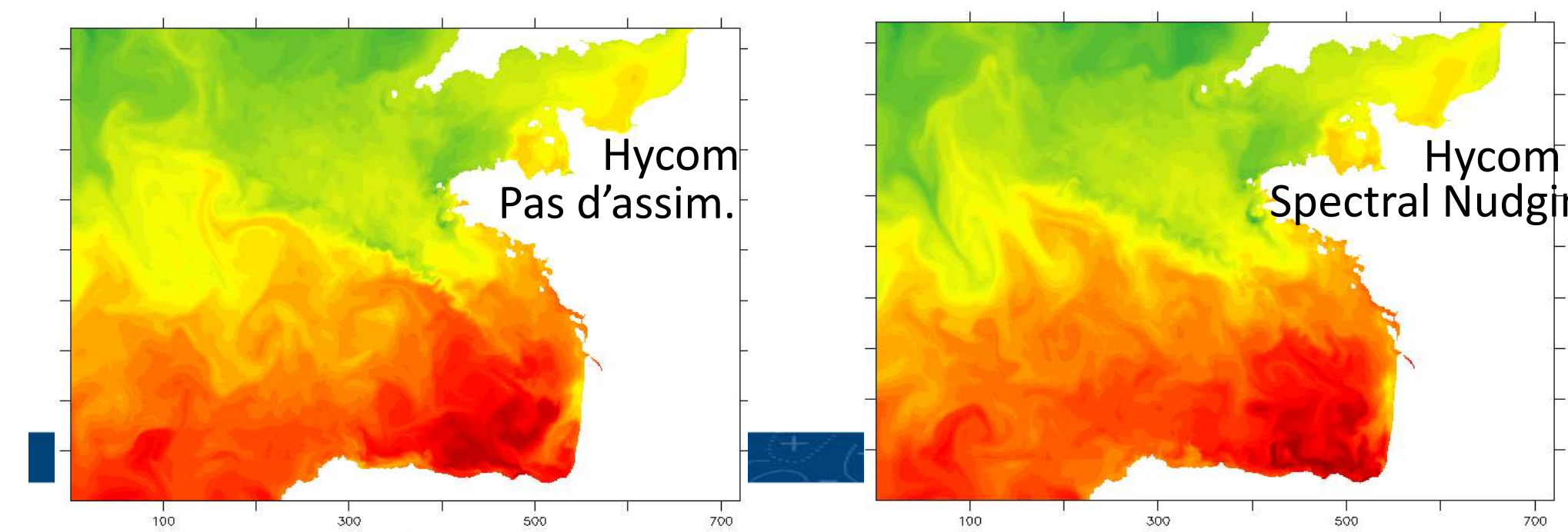
Fonction de rappel constante sur la fenêtre d'assimilation de 5 jours

Intensité du rappel = $1/(5 \text{ jours})$

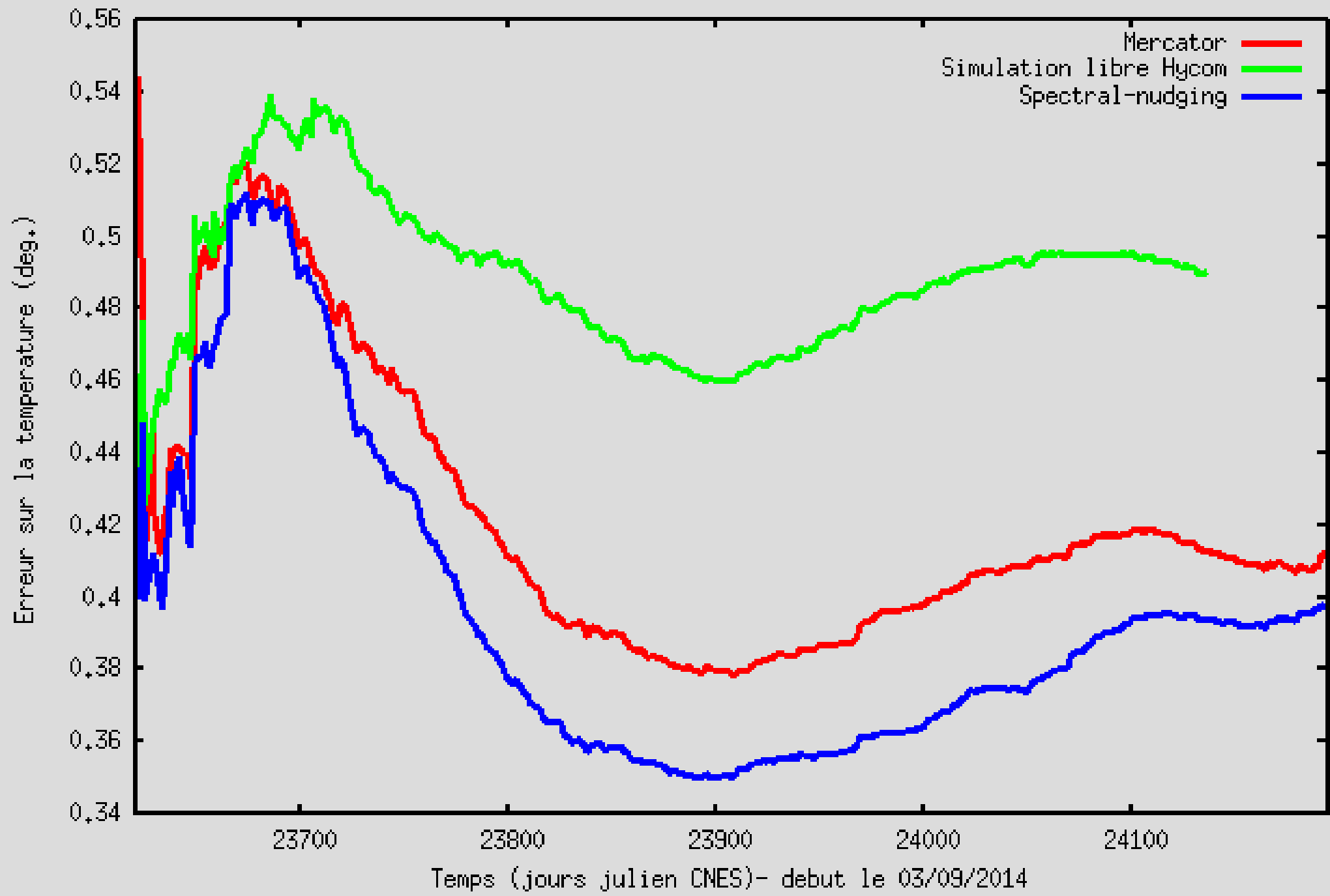
Rappel vers T, S sur toute la colonne



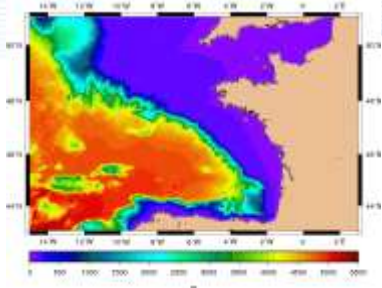
Température de surface du 11 Octobre 2014



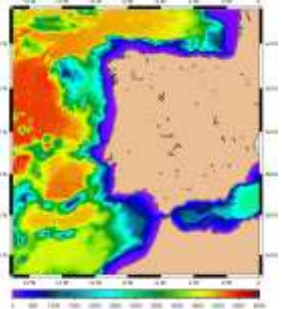
Comparaisons Mercator/Run-up/Rejeu/Spectral-nudging entre 0000-6000 m



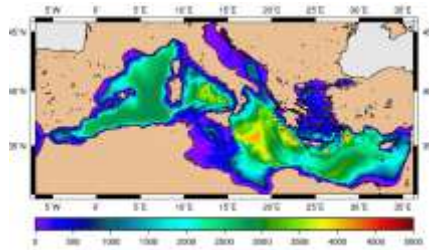
Théâtre d'activités en mode recherche



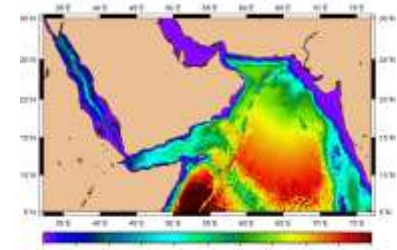
Golfe de Gascogne



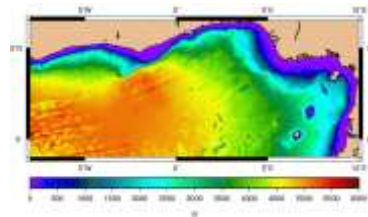
Façade ibérique



Mer Méditerranée

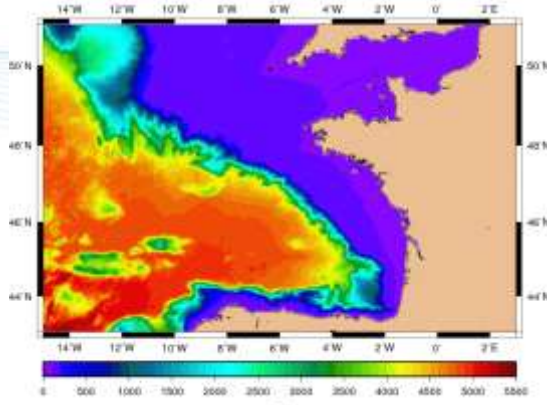


Indien Nord-Ouest

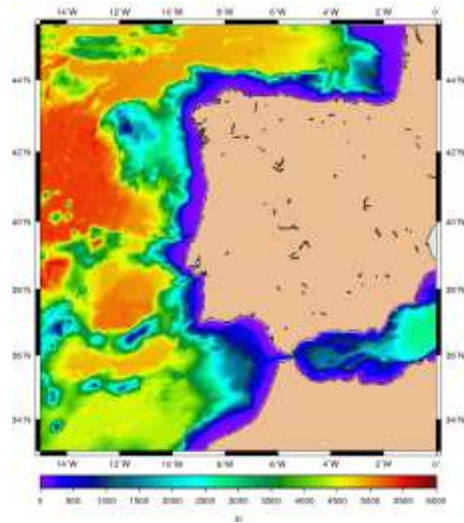


Golfe de Guinée

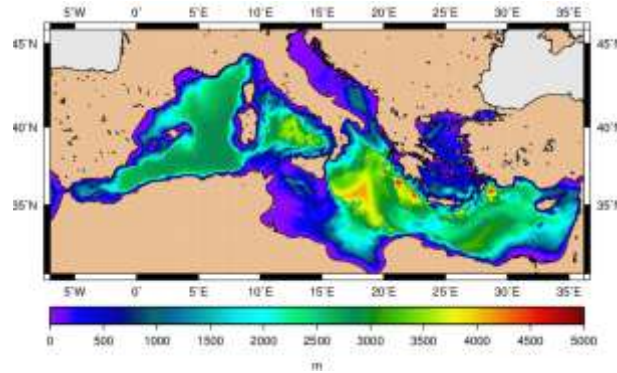
Théâtre d'activités en mode opérationnel (production quotidienne)



Golfe de Gascogne

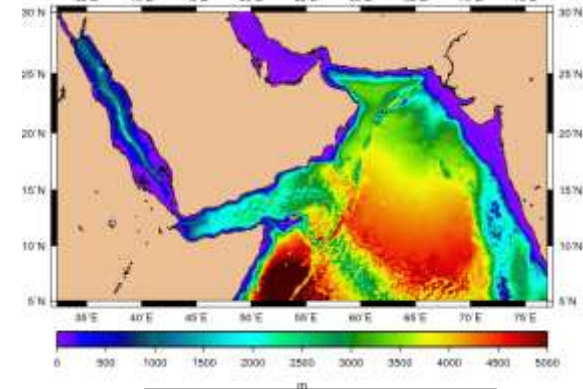


Façade ibérique



Mer Méditerranée

2600 x 900 pts
(minimum 192 cœurs)



Indien Nord-Ouest

Déjà Opérationnelles

En 2017

Soutien aux politiques publiques maritime et littorale

- ✓ VIGILANCE VAGUES/SUBMERSION (R&D pour Météo France / previmar)
- ✓ expertise énergie marine renouvelable
- ✓ DCSMM : responsable D7 hydrographie
- ✓ Océanographie côtière opérationnelle

Soutien aux politiques publiques maritime et littorale

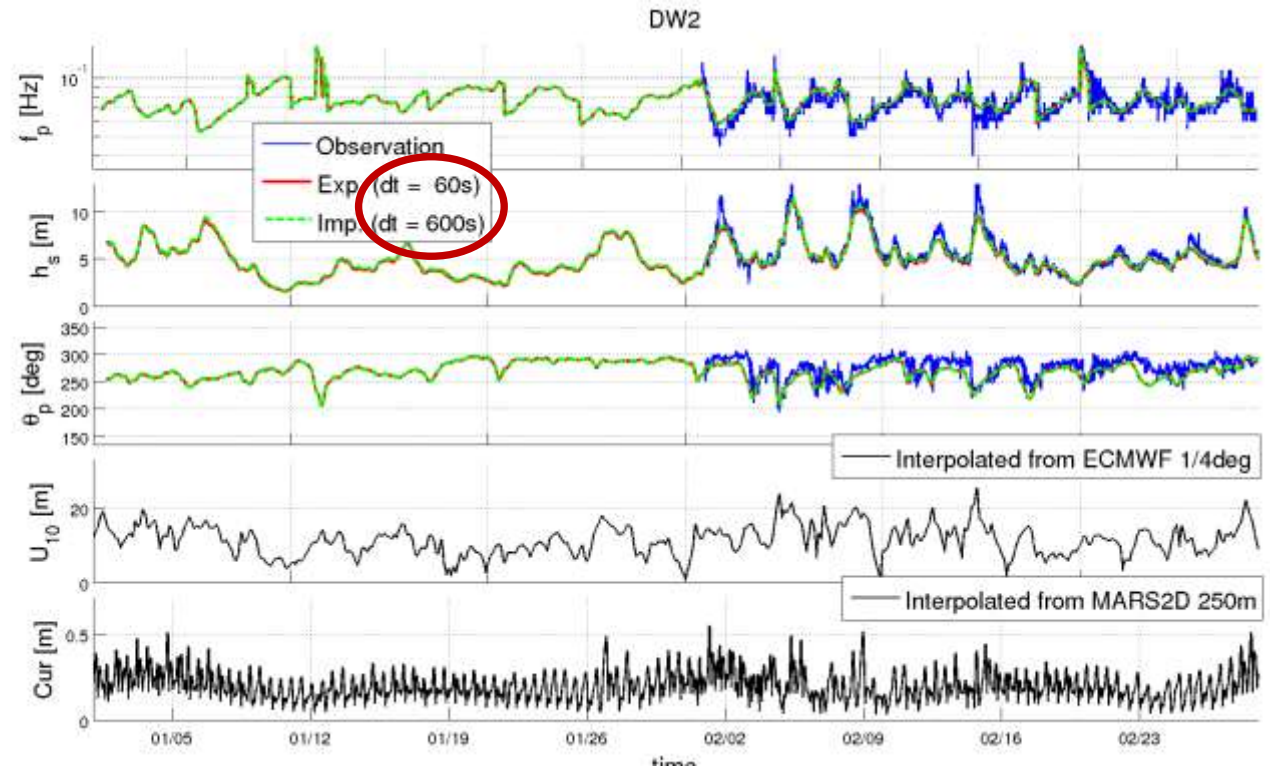
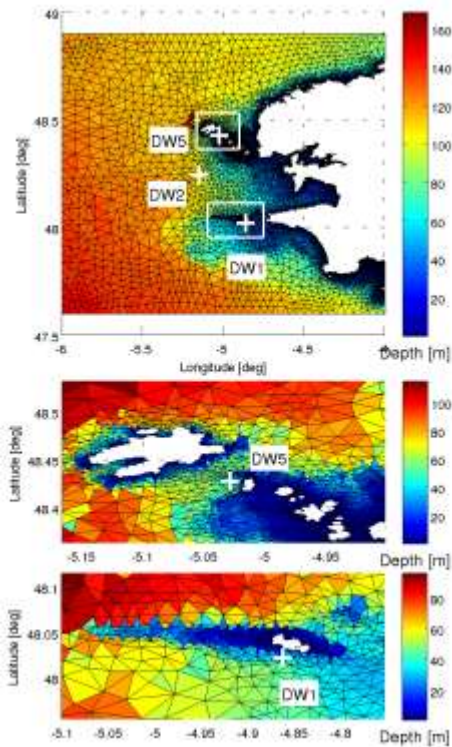
VIGILANCE VAGUES/SUBMERSION (R&D pour Météo France / previmar)

Développements sur le modèle de vagues WW3

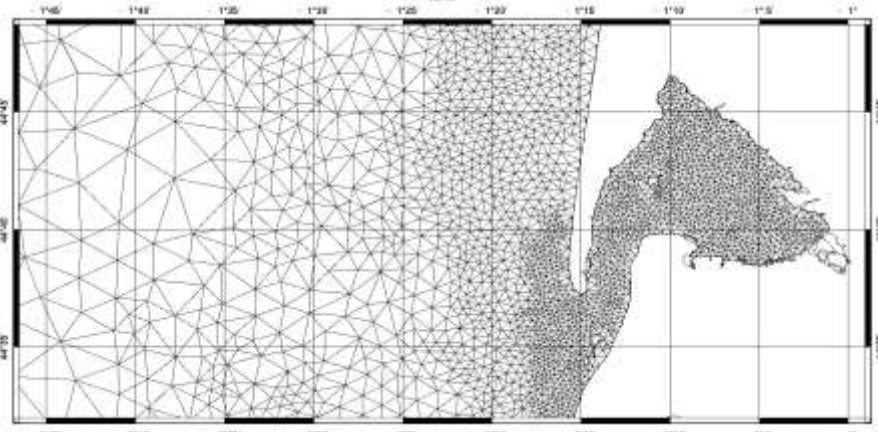
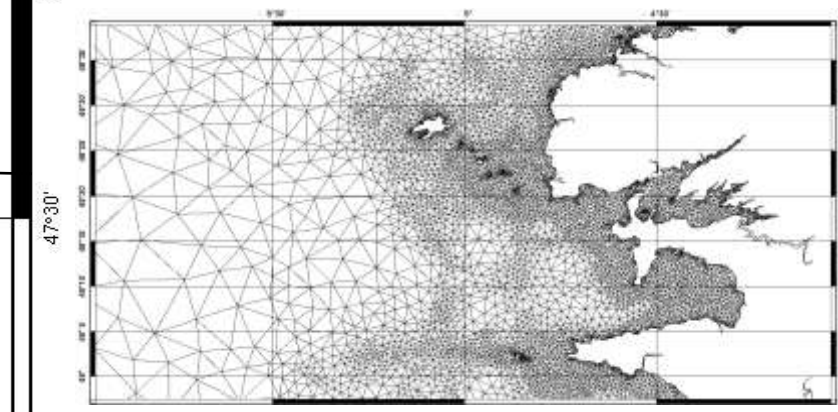
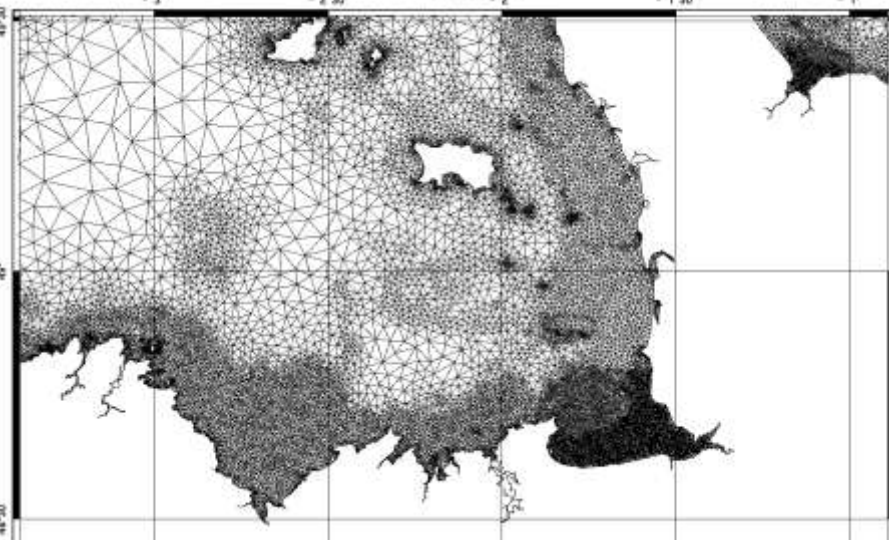
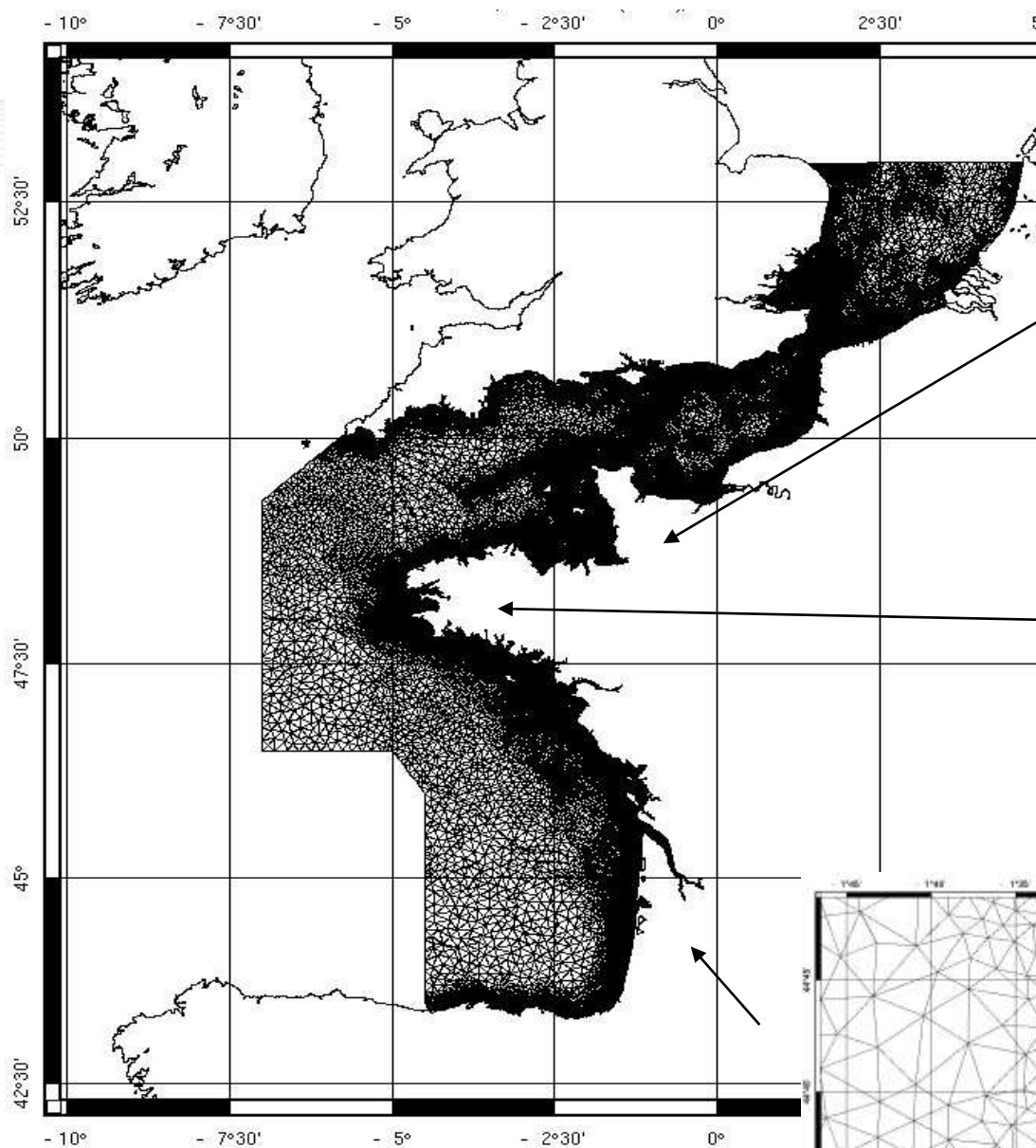
Nouveau schéma numérique implicite

Besoin croissant de la modélisation côtière très haute résolution

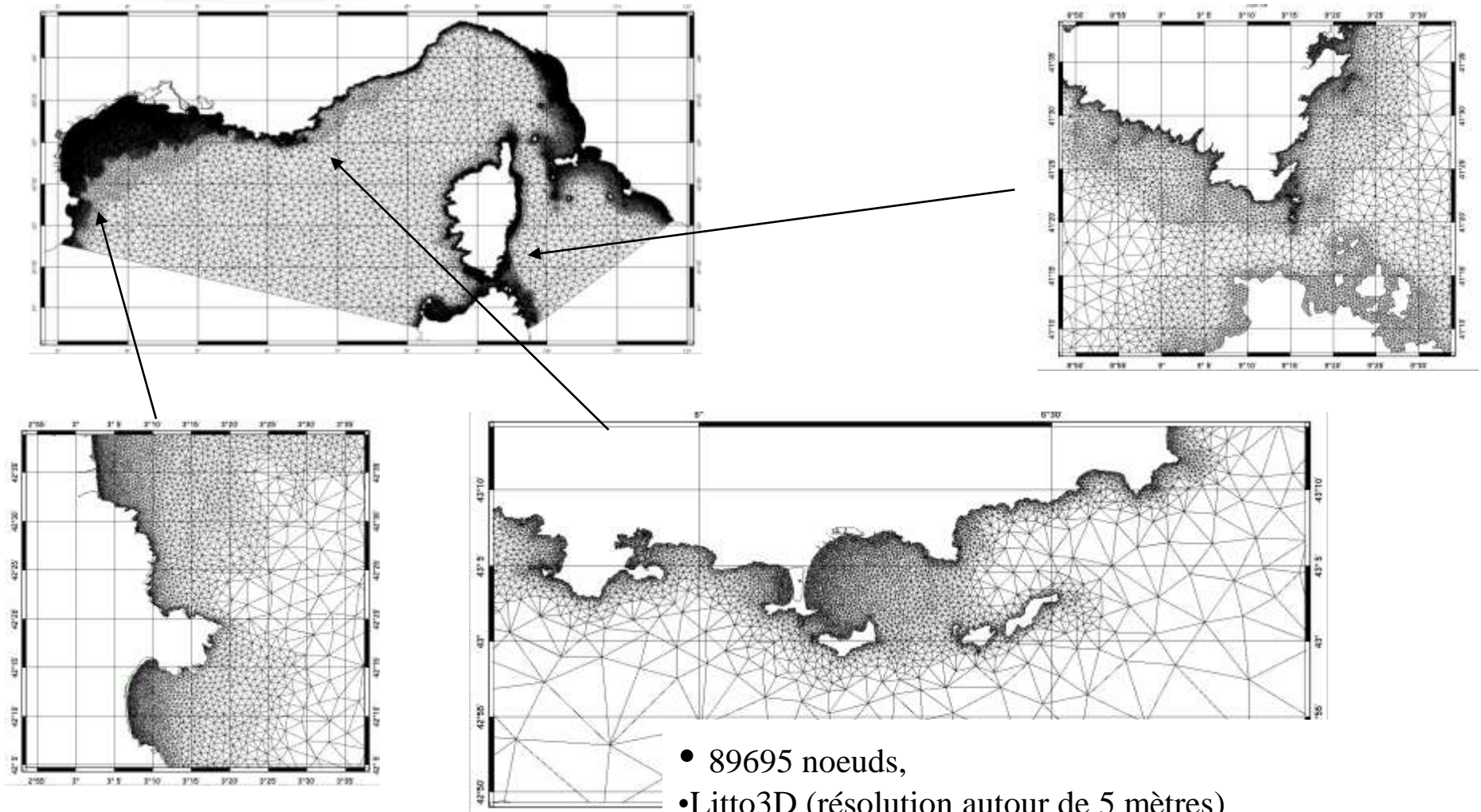
➔ Nécessité de baisser le temps de calcul pour les usages opérationnels



Configuration Atlantique du modèle de vagues



Configuration Méditerranéenne du modèle de vagues



- 89695 noeuds,
- Litto3D (résolution autour de 5 mètres)
- Résolution de 10 km au large et autour de 200 m à la côte

Couplage bi-directionnel vagues courants avec grilles emboîtées.

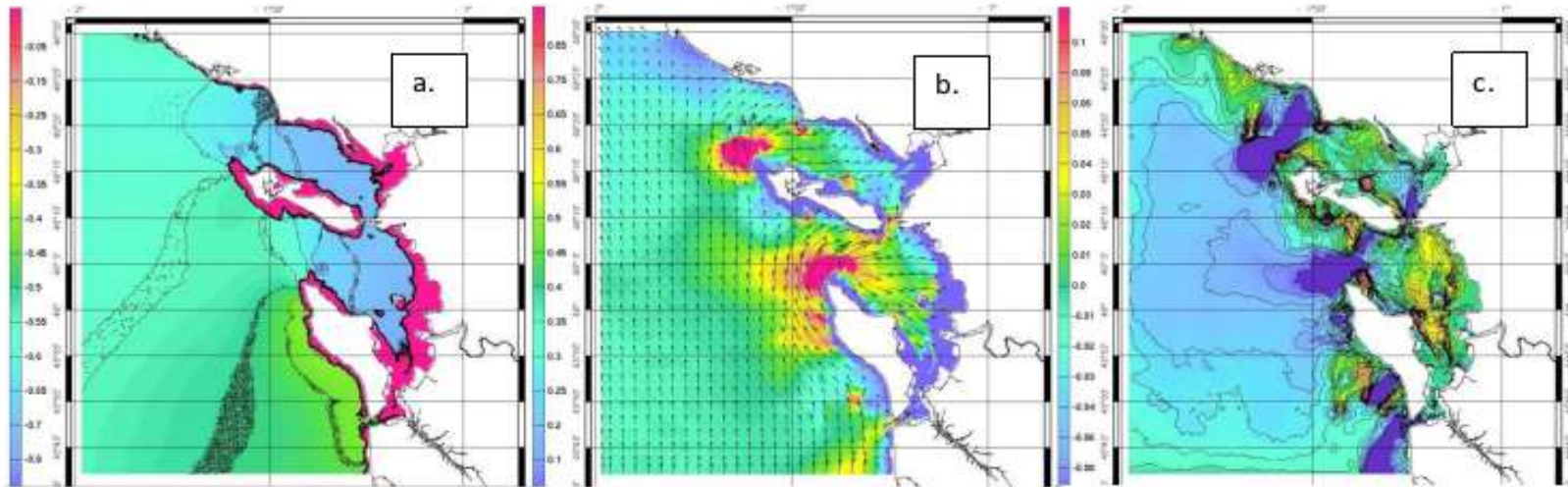


Figure 13: a. Sea surface height (in m), b. barotropic currents (in m/s) and c. difference in significant wave height (in m) between a simulation 2 way and 1way on 02/27 at 11 p.m (low tide).

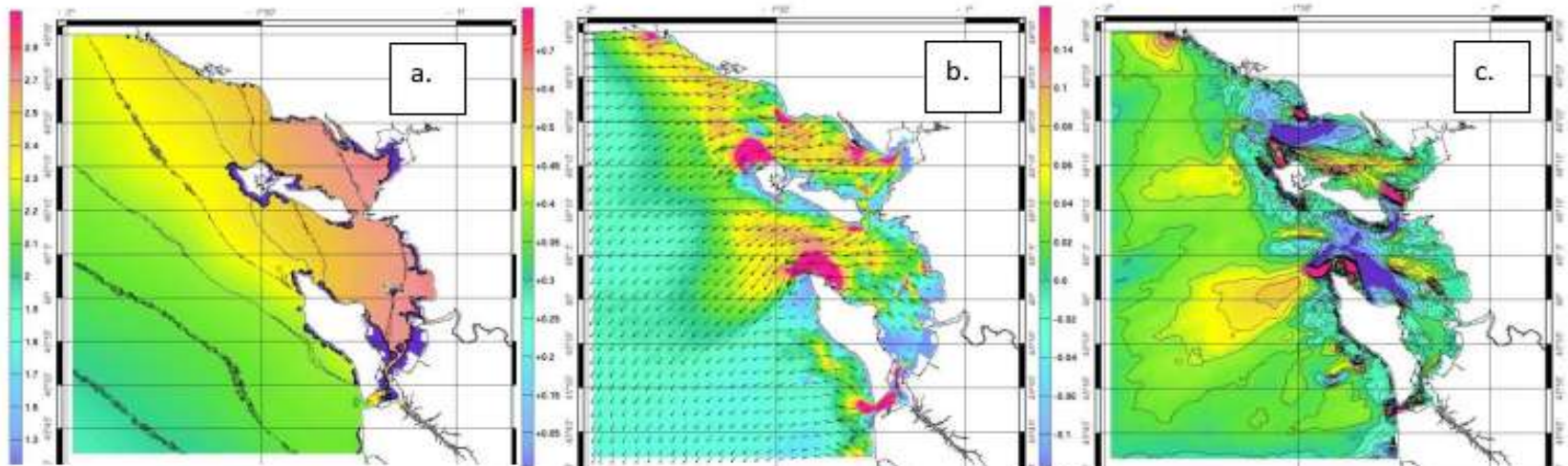


Figure 14: a. Sea surface height (in m), b. barotropic currents (in m/s) and c. difference in significant wave height (in m) between a simulation 2 way and 1way on 02/28 at 5 a.m (high tide).

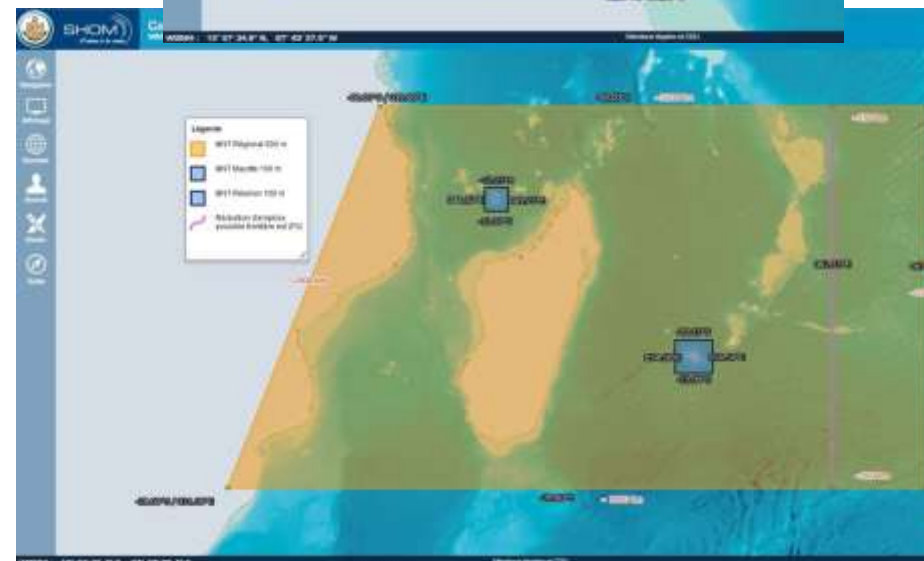
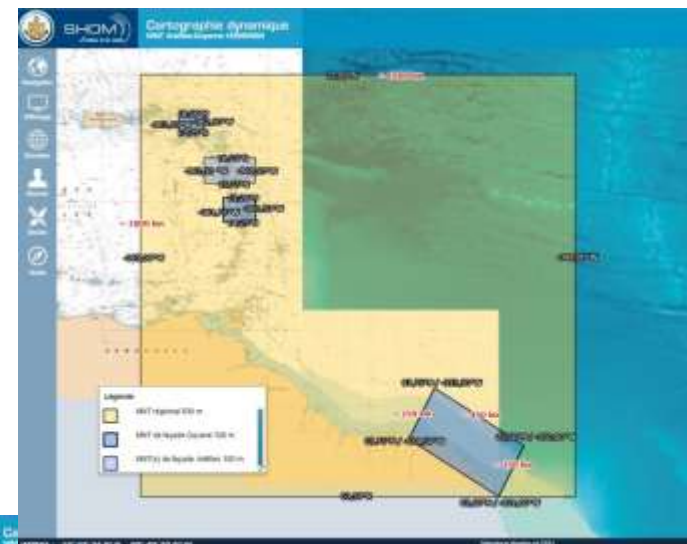
Modélisation des submersions sur l'outre-mer

Objectifs

- mettre en place un système régional de modélisation des hauteurs d'eau et des états de mer côtiers à l'image de ce qui est actuellement utilisé pour la VVS métropolitaine

Attendus

- des nouvelles chaînes de prévision
 - hauteur d'eau / surcotes
 - état de mer à la côte
- concept d'emploi et transfert opérationnels
 - mise en exploitation opérationnelle
 - Performances calcul / alimentation temps réel / ...
 - activation la plus pertinente
 - Routine / période saisonnière à risque / préavis d'alerte



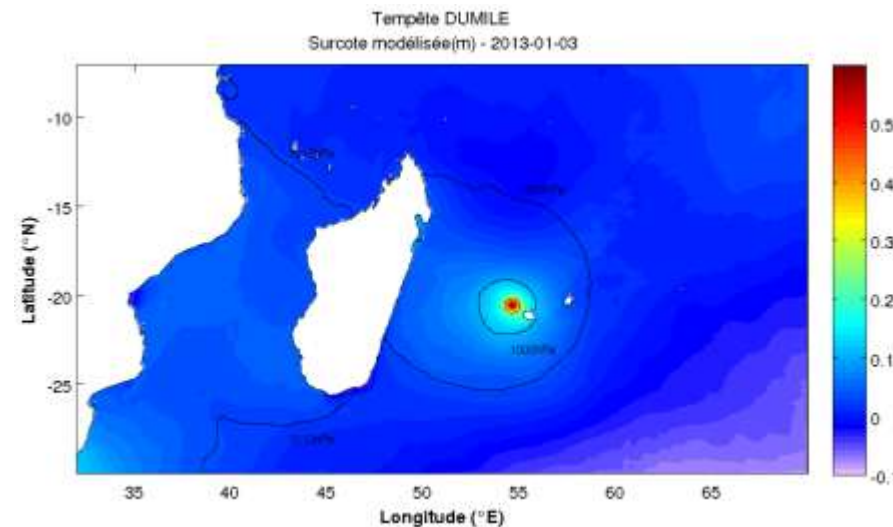
Les configurations de surcotes

Méthodologie

- Données de validation
 - Marégraphes
 - Dzaoudzi et Pointe-de-Galets (RONIM)
 - ~20 autres marégraphes
- Validation de la marée
 - Simulation d'un an
 - Tests paramétriques sur la friction de fond
- Validation des surcotes
 - Rejeu d'événements de référence
 - Cyclones : Hellen, Bejisa, Felleng, Dumile, Gamede, Dina
 - Tests paramétriques sur le stress de vent

Résultats préliminaires

- Configurations initiales en préparation
 - Modèle régional Indien SO
- Simulation cyclone Dumile



Soutien aux politiques publiques maritime et littorale

Océanographie côtière opérationnelle (aspects physiques seuls)

⚓ Les prévisions océanographiques côtières opérationnelles

- ⚓ Visualisable et téléchargeable en netcdf sur data.shom.fr
- ⚓ **Prévisions à 4 jours (courants, t°, salinité, vent MF, vagues)**
 - Sorties horaires en surface et journalières sur la colonne d'eau.
- ⚓ Mise à jour quotidienne et « rejeu et archivage » de la veille.

The image displays a series of overlapping screenshots from the SHOM DATA.SHOM.FR website, illustrating the user interface for accessing coastal oceanographic forecasts. The navigation path is highlighted with red boxes and blue arrows:

- Prévisions océanographiques** (highlighted in red)
- Courant** (highlighted in red)
- Hydrodynamique surface horaire** (highlighted in red)

The screenshots show various data visualizations, including maps of the French coast with current vectors, temperature and salinity maps, and a list of data types such as:

- Hydrodynamique surface horaire
- Courant
- Température eau de mer
- Salinité eau de mer
- Hydrodynamique Moyenne journalière 3D
- Courant (moyenne quotidienne)
- Température eau de mer (moyenne quotidienne)
- Salinité eau de mer (moyenne quotidienne)
- Vagues
- Hauteur significative et direction moyenne
- Période mer totale
- Météorologie
- Vitesse et direction du vent
- Observations Radar HF
- Courant de surface

Un grand merci aux équipes de l'Ifremer en charge de la mise en place du PCIM, de sa jouvance et de son exploitation.