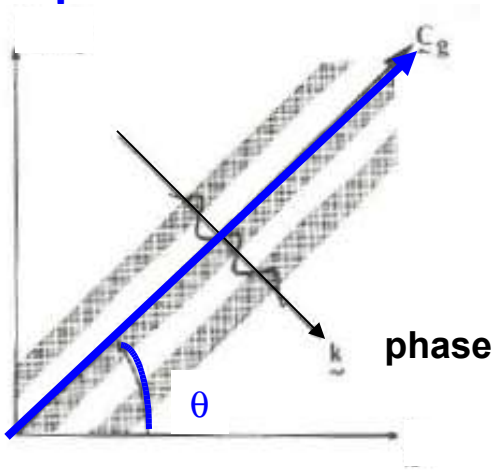
Ondes et marées internes dans le golfe de Gascogne

Le déferlement des ondes internes d'inertie-gravité: principal mécanisme de mélange turbulent dans l'océan intérieur

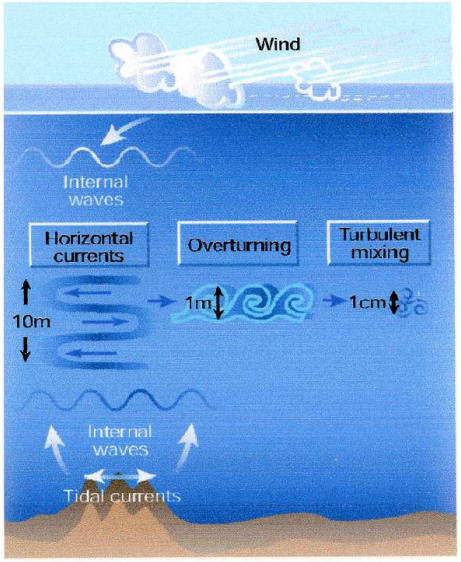


Direction de propagation de l'énergie

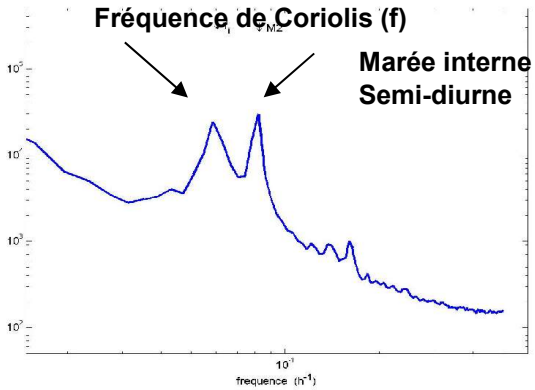
$$tg(\theta)^2 = (\omega^2 - f^2)/(N^2 - \omega^2)$$

Bande de fréquence:
[fréquence de Coriolis, f- fréquence de flottabilité, N]

Périodes: qq heures-qq min,
longueur d'onde horiz. qq 10km- qq 100m, vert. qq 100m- qqm



Génération par le vent et la marée
(Garrett, 2003)



Spectre en fréquence

Objectifs:

⇒Étude du cycle de vie de ces ondes jusqu'à leur déferlement

⇒Développer des paramétrisations du mélange turbulent dans les modèles de circulation

⇒En estimer l'impact à plus grande échelle

Les différentes étapes du cycle de vie de la marée interne

•génération:
puissance convertie de la marée barotrope en marée barocline,
Influence de la couche limite, des non linéarités

•Dynamique principalement non linéaire?
-Interaction écoulement moyen, champ de méso-subméso échelle
-Interaction avec une pycnocline
-Interactions avec le champ d'ondes internes

*Déferlement
Caractérisation de la turbulence

/Modèles:
Paramétrisation:
-Si la marée externe n'est pas résolue explicitement: des paramétrisations existent, nécessitent d'être affinées
-Si la marée externe est résolue: tous les processus sont-ils résolus?
Quid des paramétrisations classiques

Different approaches

In situ measurements

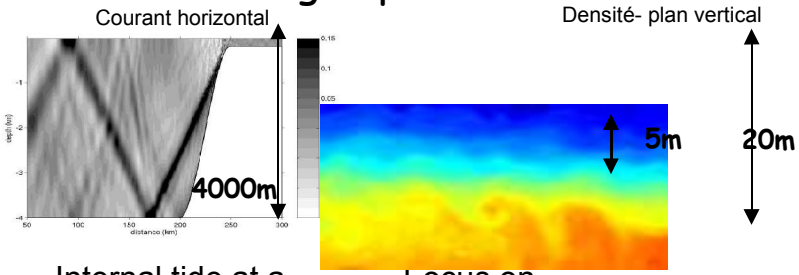
-Fine scale: CTD/LADCP, moorings
- turbulence

SCAMP: 0-100m

VMP: 0-6000m

Idealized simulation

non hydrostatic,
Wavebreaking reproduced

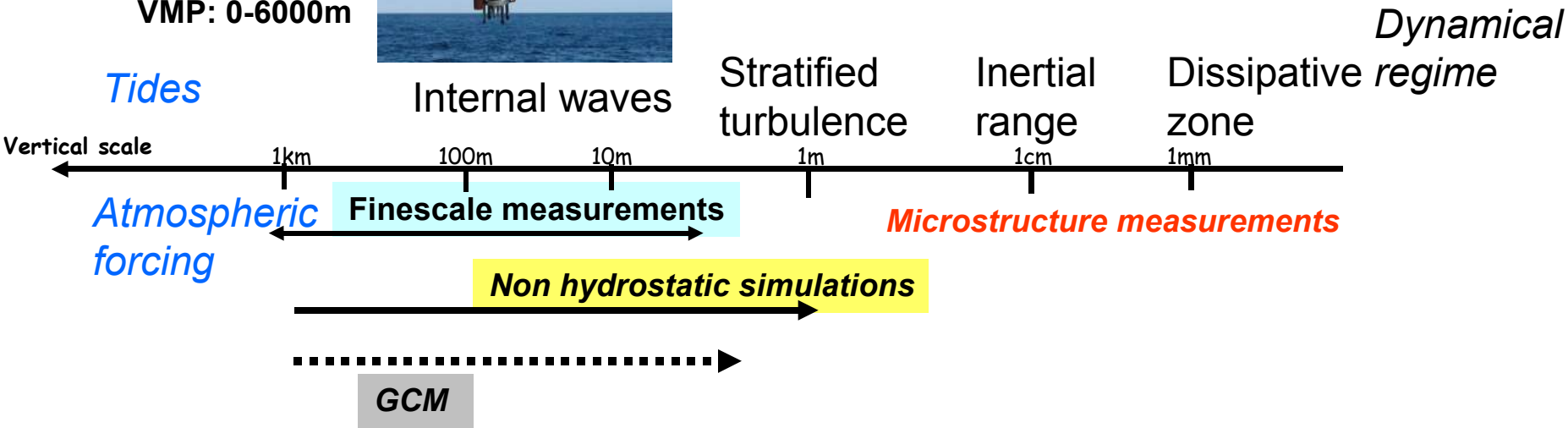


Internal tide at a continental slope

Focus on wavebreaking

Simulations with GCM

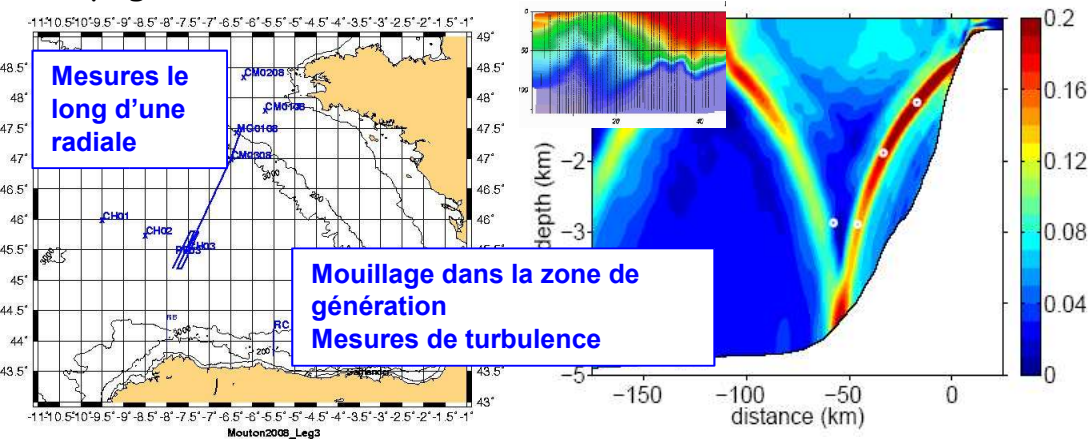
General ocean circulation model
most often hydrostatic, parameterization



Cycle de vie de la marée interne dans le golfe de Gascogne

projet EPIGRAM (2008-2012)

Campagne MOUTON été 2008



Cas test pour
des simulations idéalisées

Bilan énergétique le long d'une radiale
-Zone de génération
-Réflexion sur le fond
-Génération d'ondes de haute fréquence dans la thermocline

Mesures de turbulence

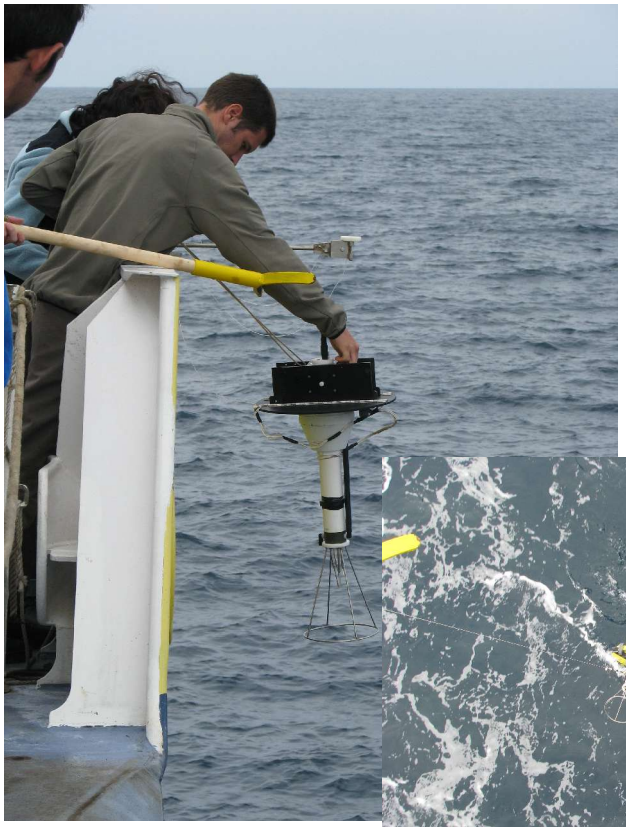
Profileur autonome profond VMP5500

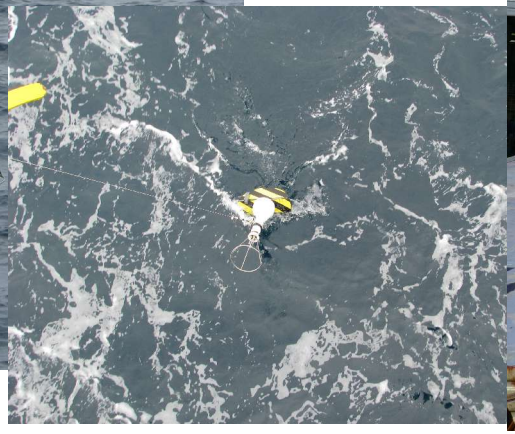
Projet ANR (LPO&LOCEAN)

Profileur peu profond (100m) SCAMP

Y-a-t-il de la turbulence dans le sillage de MOUTON? Quelques indices relevés par les équipes SCAMP& VMP

SCAMP: 0-100m

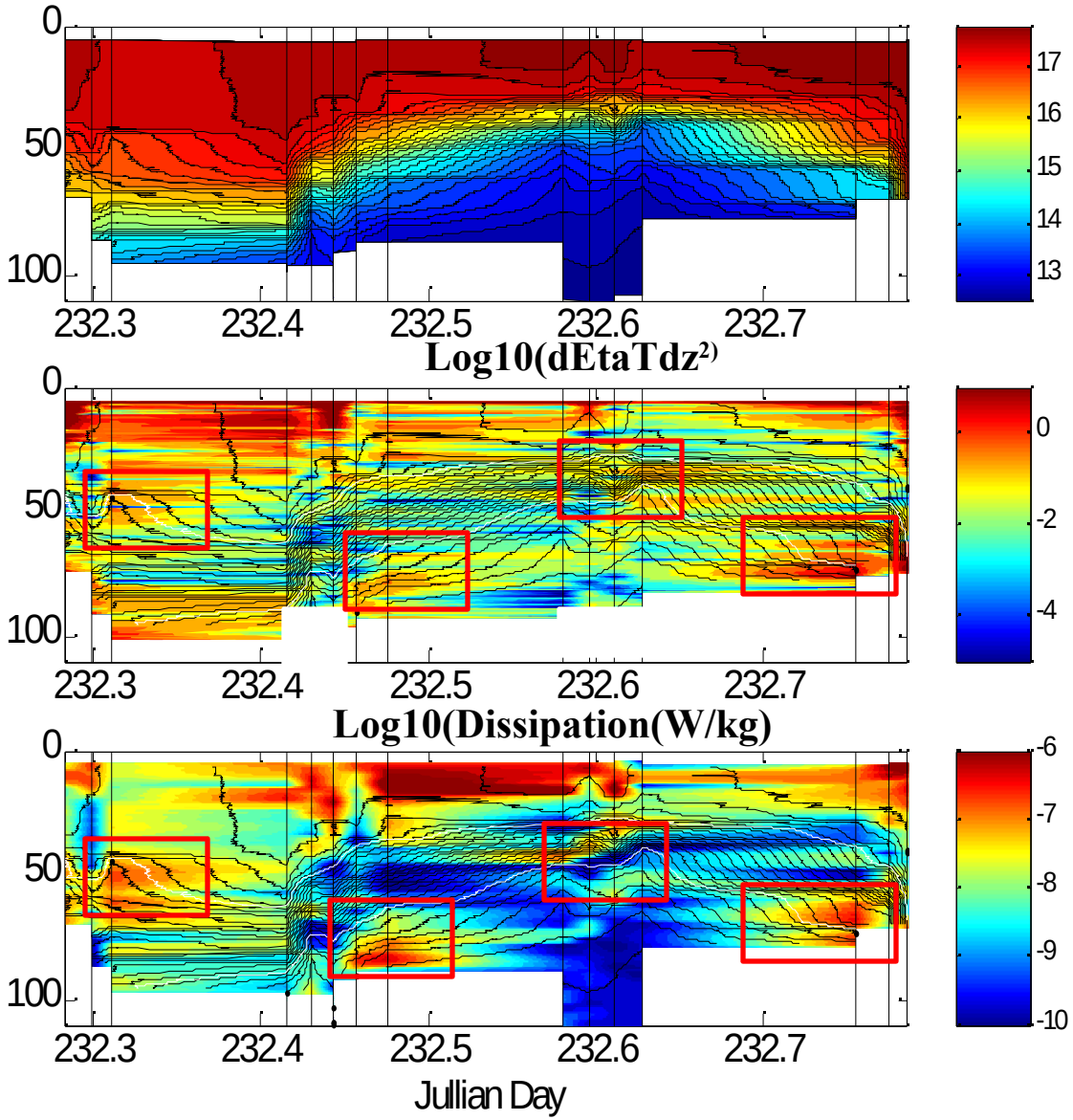




VMP: 0-6000m

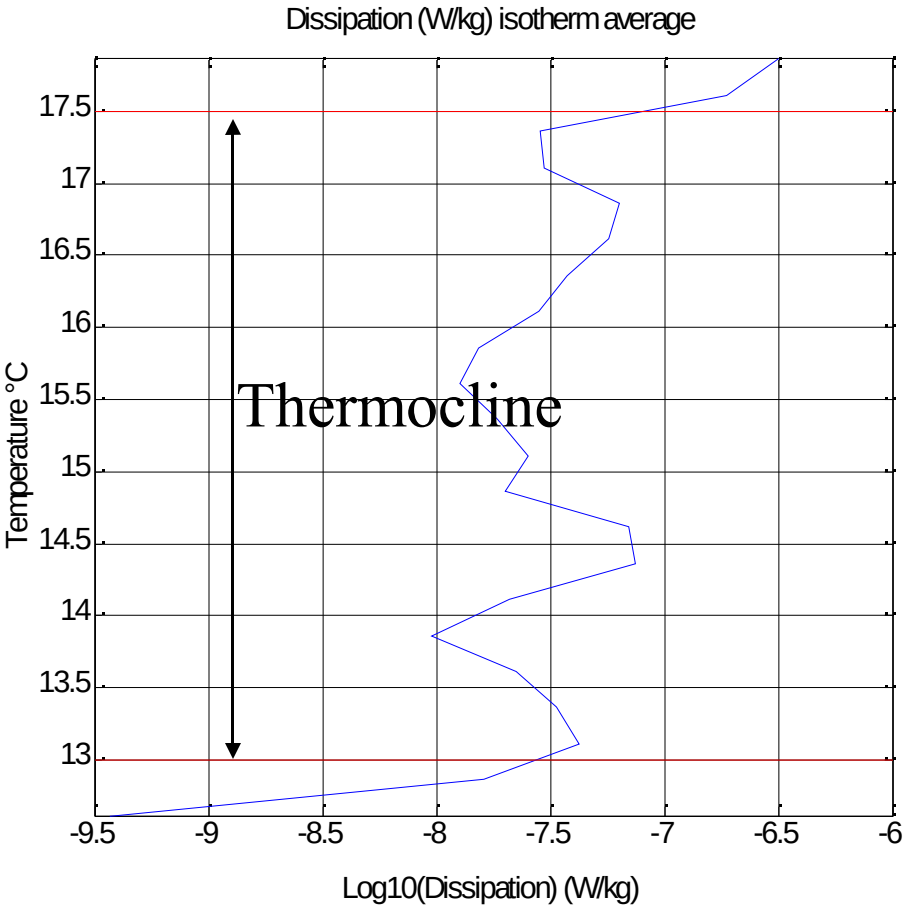
P. Bouruet-Aubertot, N. Cortes, Y. Cuypers, B. Ferron, A. Lourenço, S. Pasquet

PF03 Mesures Scamp



- 15 profils sur un cycle de M2 au point d'émergence du rayon de marée interne (en alternance avec le VMP)
- Forte dissipation au dessus de la thermocline, très faible sous la thermocline (traînée du bateau)
- Zone de forte dissipation dans la thermocline semble reliée au strain (ici proxy du strain calculé avec déplacement des isothermes)

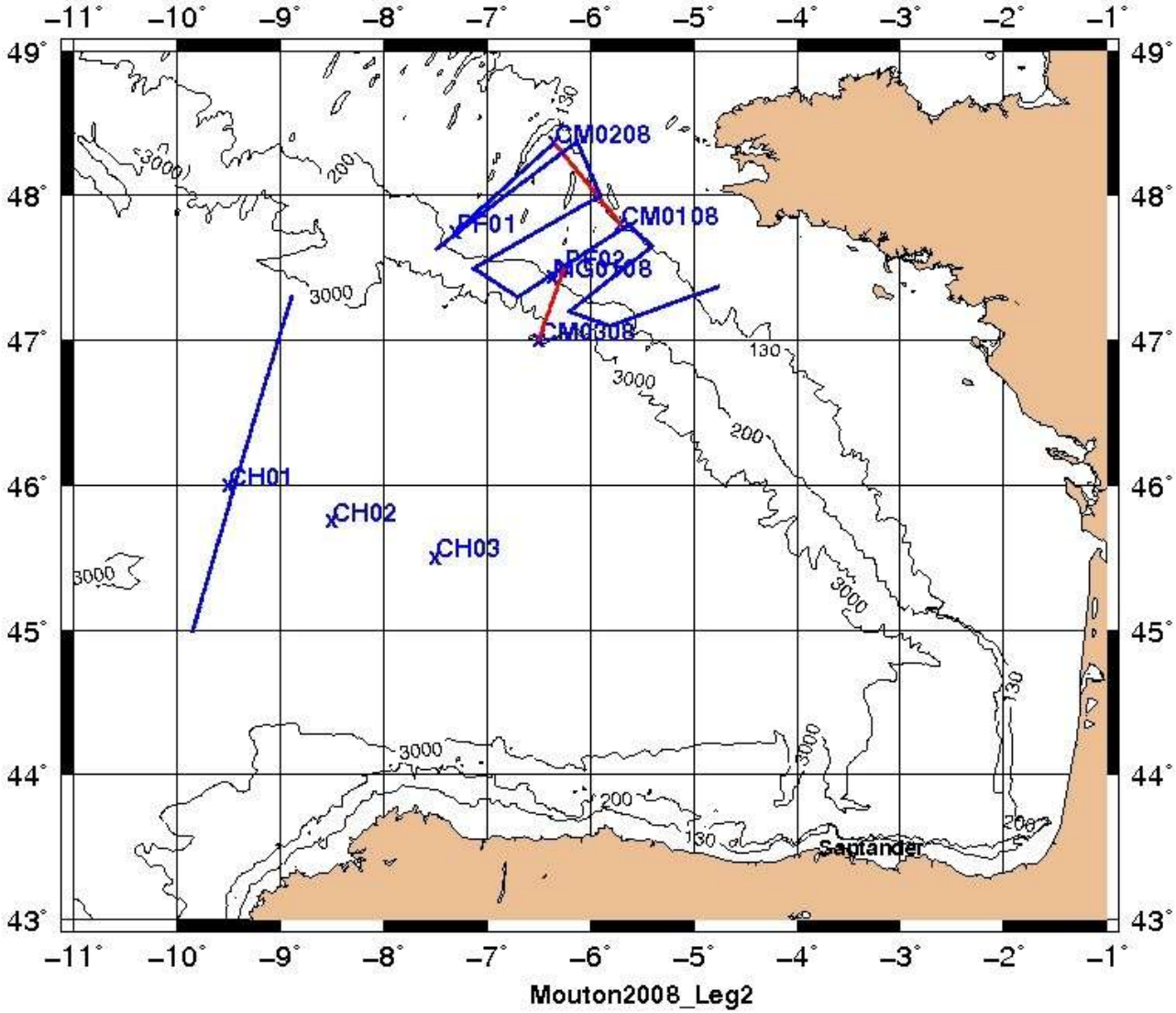
Dissipation moyenne suivant les isothermes



Dissipation relativement forte dans la thermocline ~4.10^{-8} W/kg

⇒Comparaison à venir avec les mesures VMP

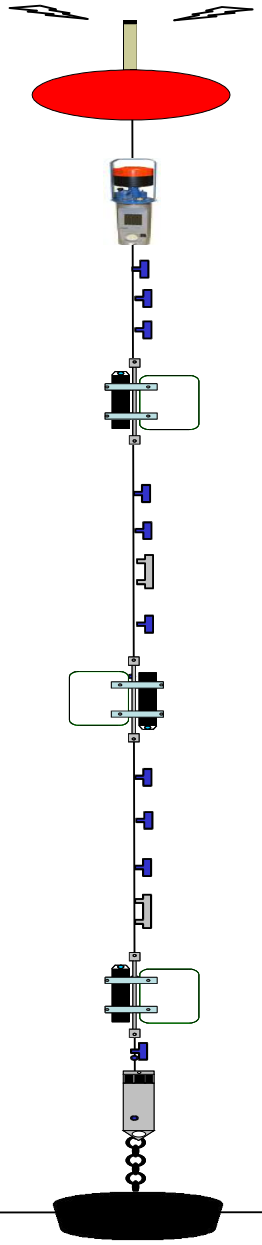
Mouillage MG01 et quelques analyses du point fixe PF03



Extrait de la présentation d'Annick Pichon

Schéma du mouillage

Mouton
29/08/2008
MG01
47°26'501N
006°21'519W
Sonde 173.5m



Argos Beacon 21063

24m CRP 231daN

1 m steel cable ϕ6.5

18 m — **SEAGUARD** (S/N : 066)

21 m — **RBR 1060** (S/N : 13765)
36 m — **RBR 1060** (S/N : 13764)
51 m — **RBR 1060** (S/N : 13763)

38 m steel cable ϕ6.5

59 m — **Aquadopp** (S/N : 1906)

65 m — **RBR 1060** (S/N : 13762)
80 m — **RBR 1060** (S/N : 13758)
83 m — **SBE 37** (4857)

48 m steel cable ϕ6.5

95 m — **RBR 1050** (S/N : 13830)

111 m — **Aquadopp** (S/N : 2258)

113 m — **RBR 1050** (S/N : 13809)
128 m — **RBR 1050** (S/N : 13808)
143 m — **RBR 1050** (S/N : 13683)
158 m — **SBE 37** (5139)

46 m steel cable ϕ6.5

160 m — **Aquadopp** (S/N : 2243)

162 m — **RBR 1050** (S/N : 10742)

1.5 m steel cable ϕ6.5

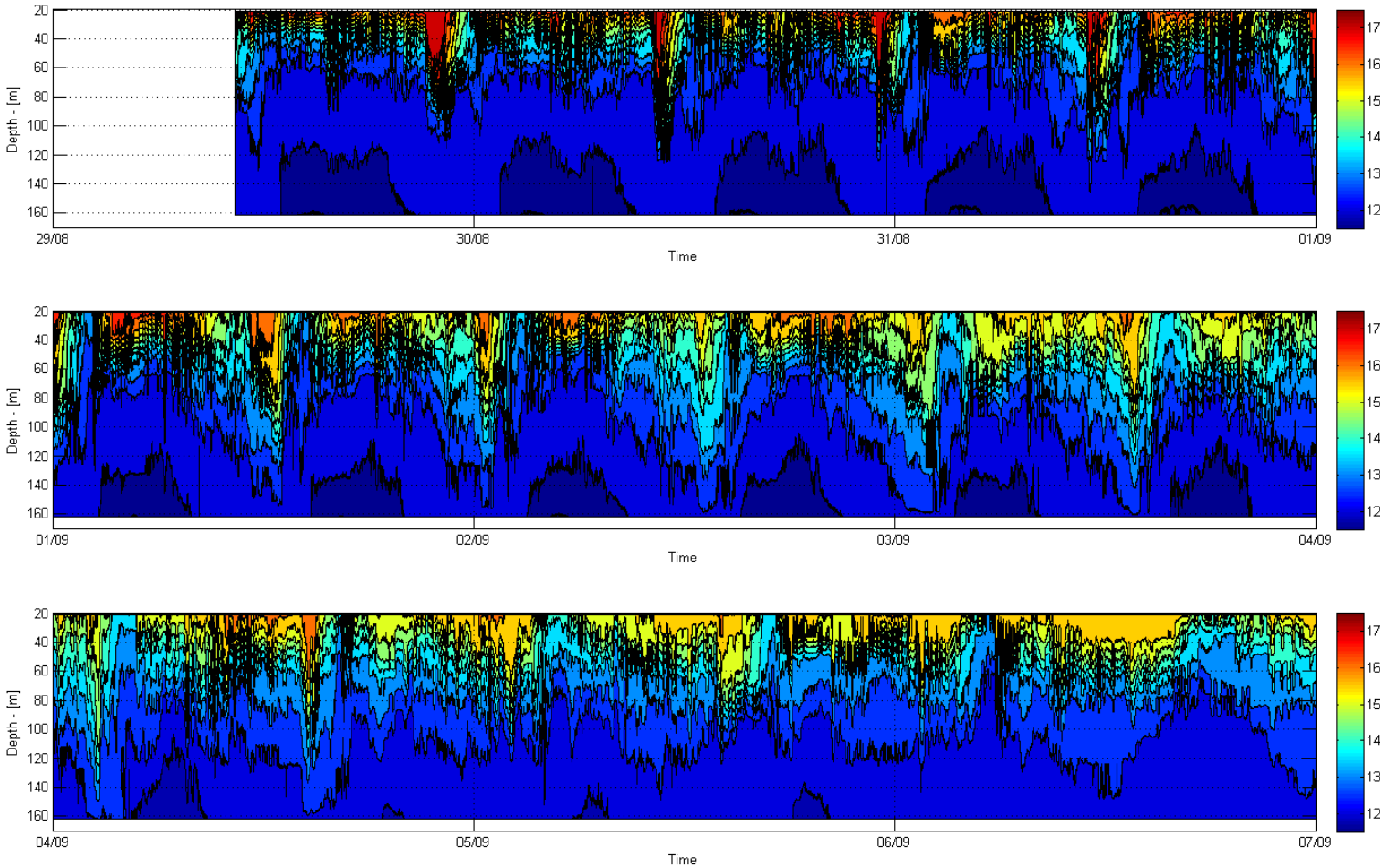
163 m — **IXSEA Release** (S/N : 883)

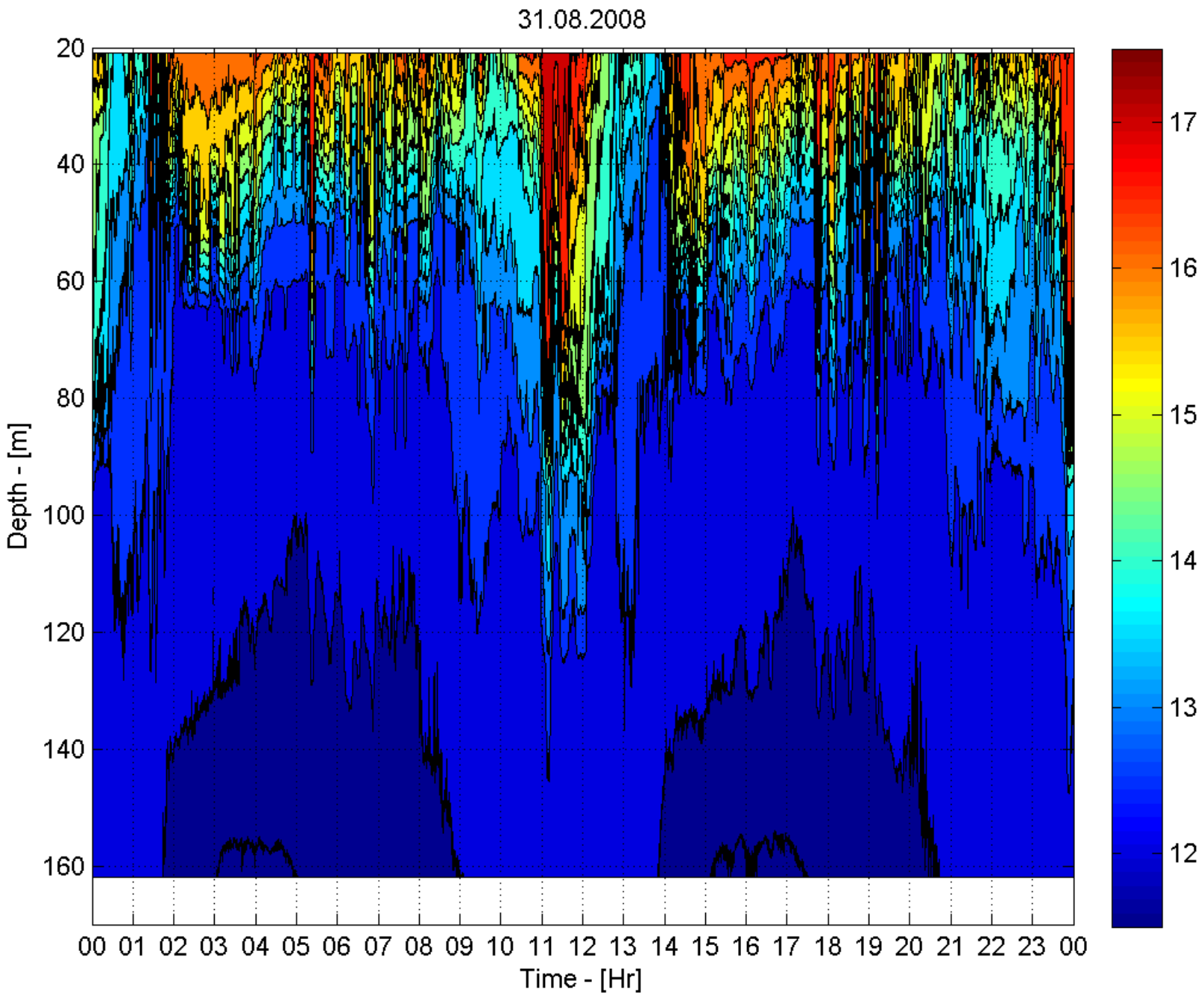
5 m square line ϕ16
2m Chain ϕ12

172 m

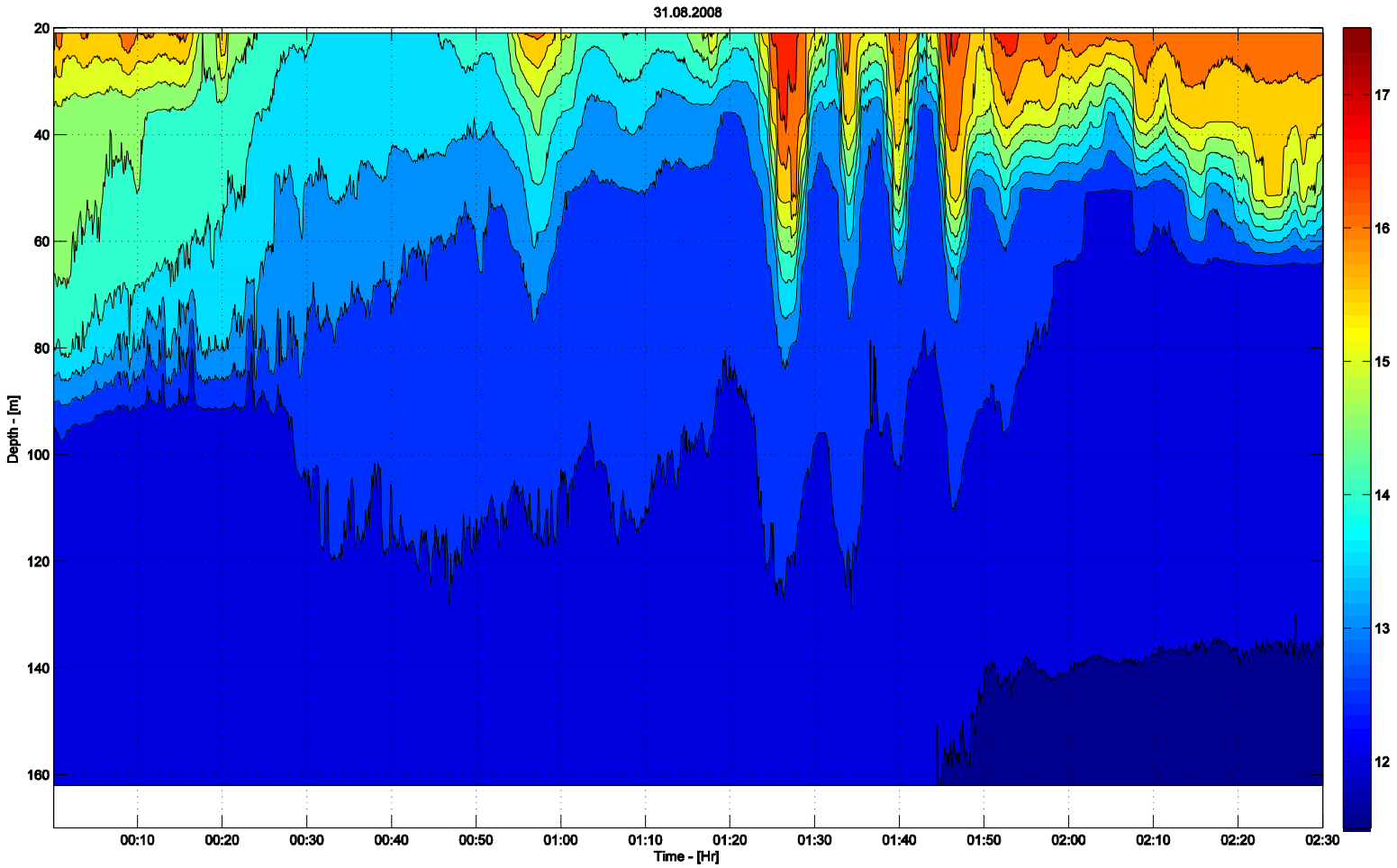
Weight – 500 kg

Mesures de température à haute fréquence (15s)

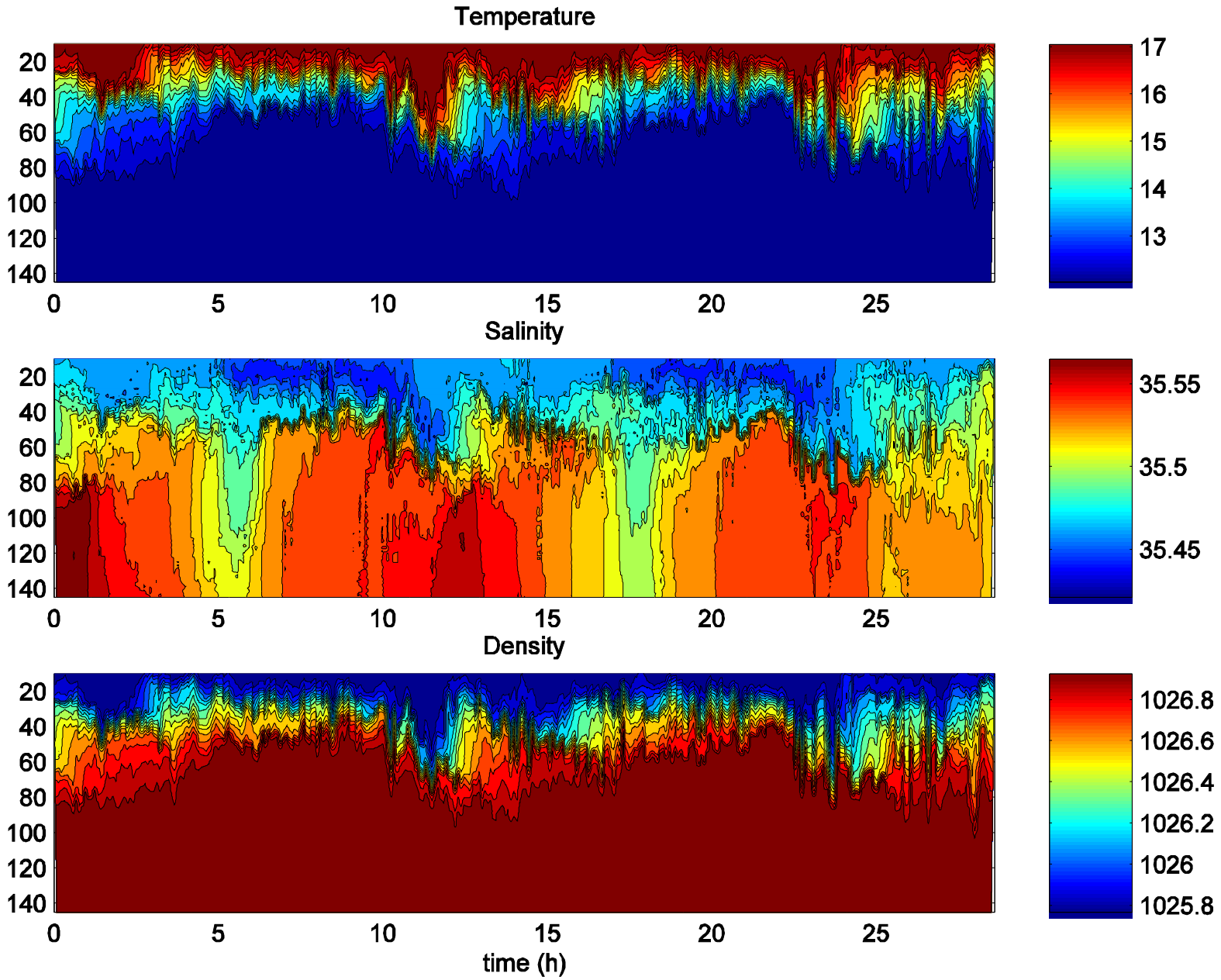



31.08.2008
Depth - [m]
20
40
60
80
100
120
140
160
Time - [Hr]
00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 00
17
16
15
14
13
12

Zoom 31/08 0h00- 2h300

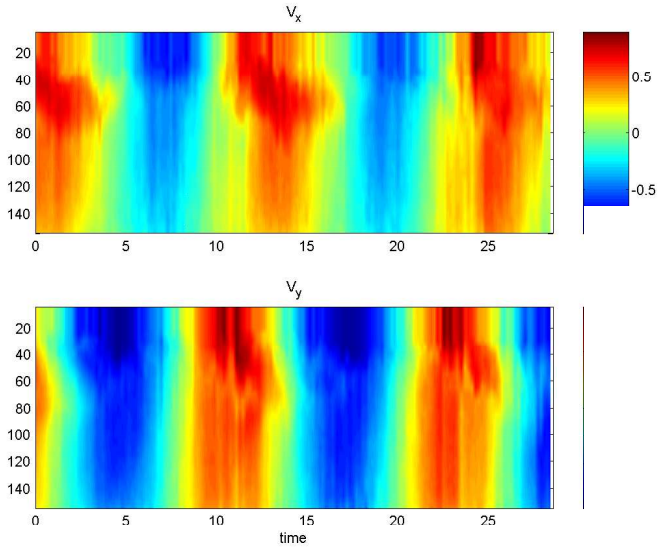


Point fixe 4

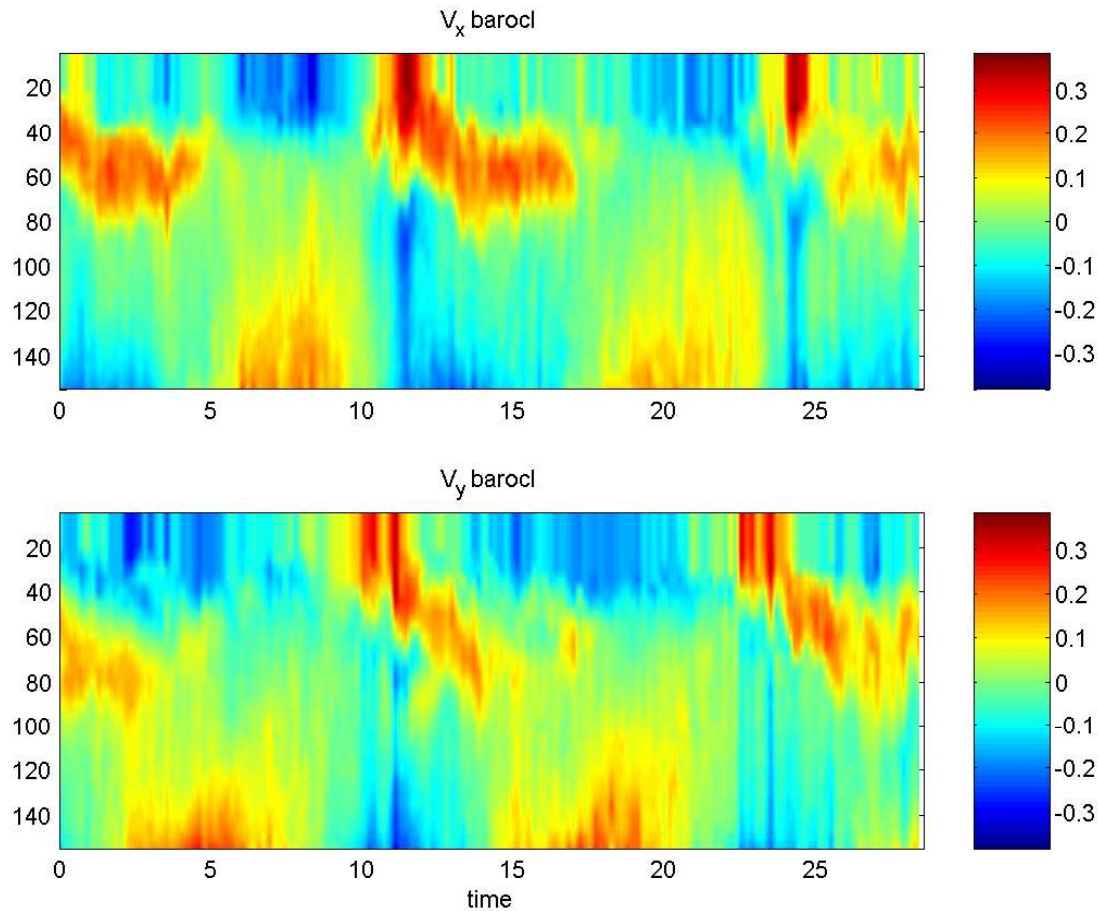

Temperature
20
40
60
80
100
120
140
0
5
10
15
20
25
17
16
15
14
13
Salinity
35.55
35.5
35.45
Density
1026.8
1026.6
1026.4
1026.2
1026
1025.8
time (h)

Courants

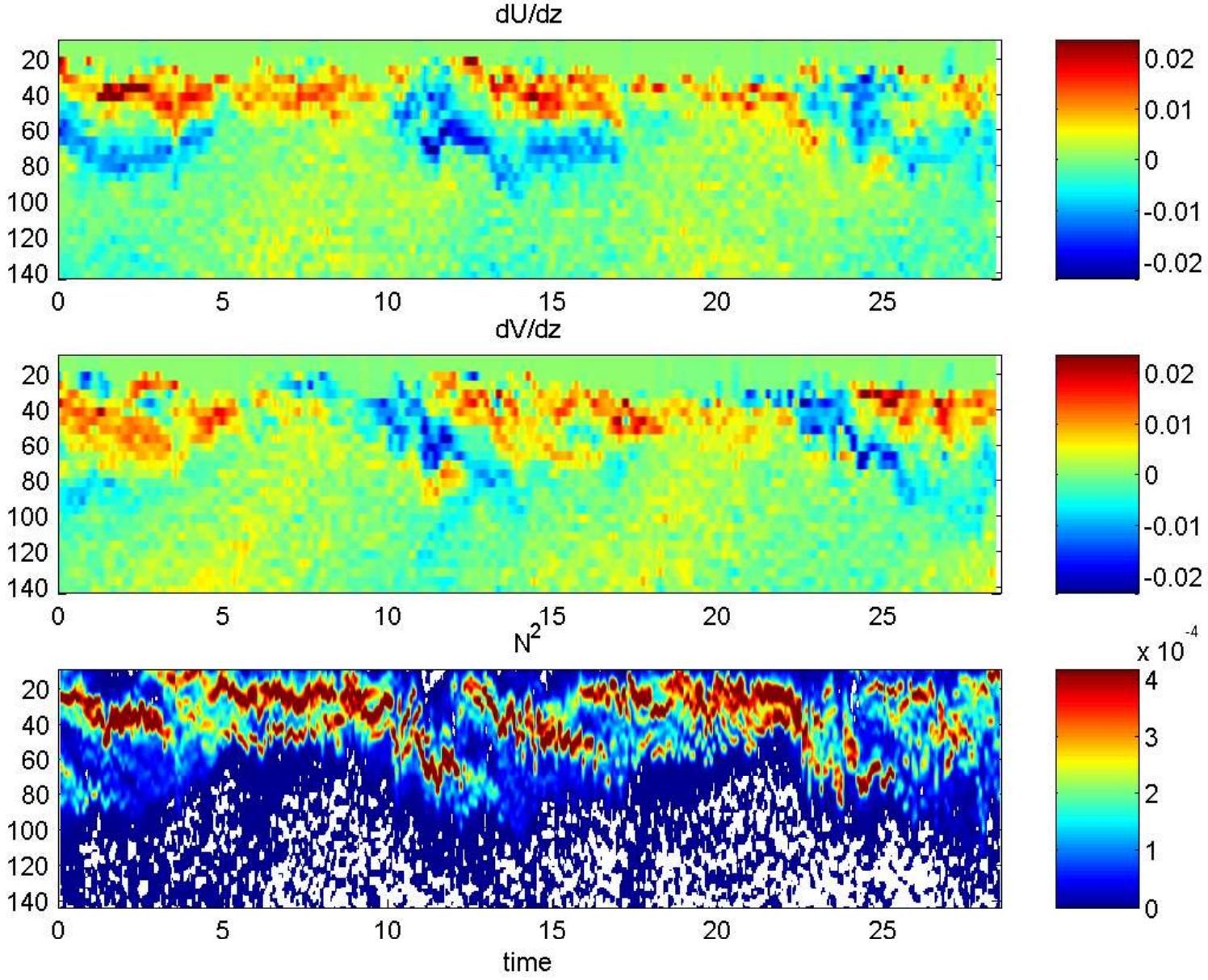
total



barocline

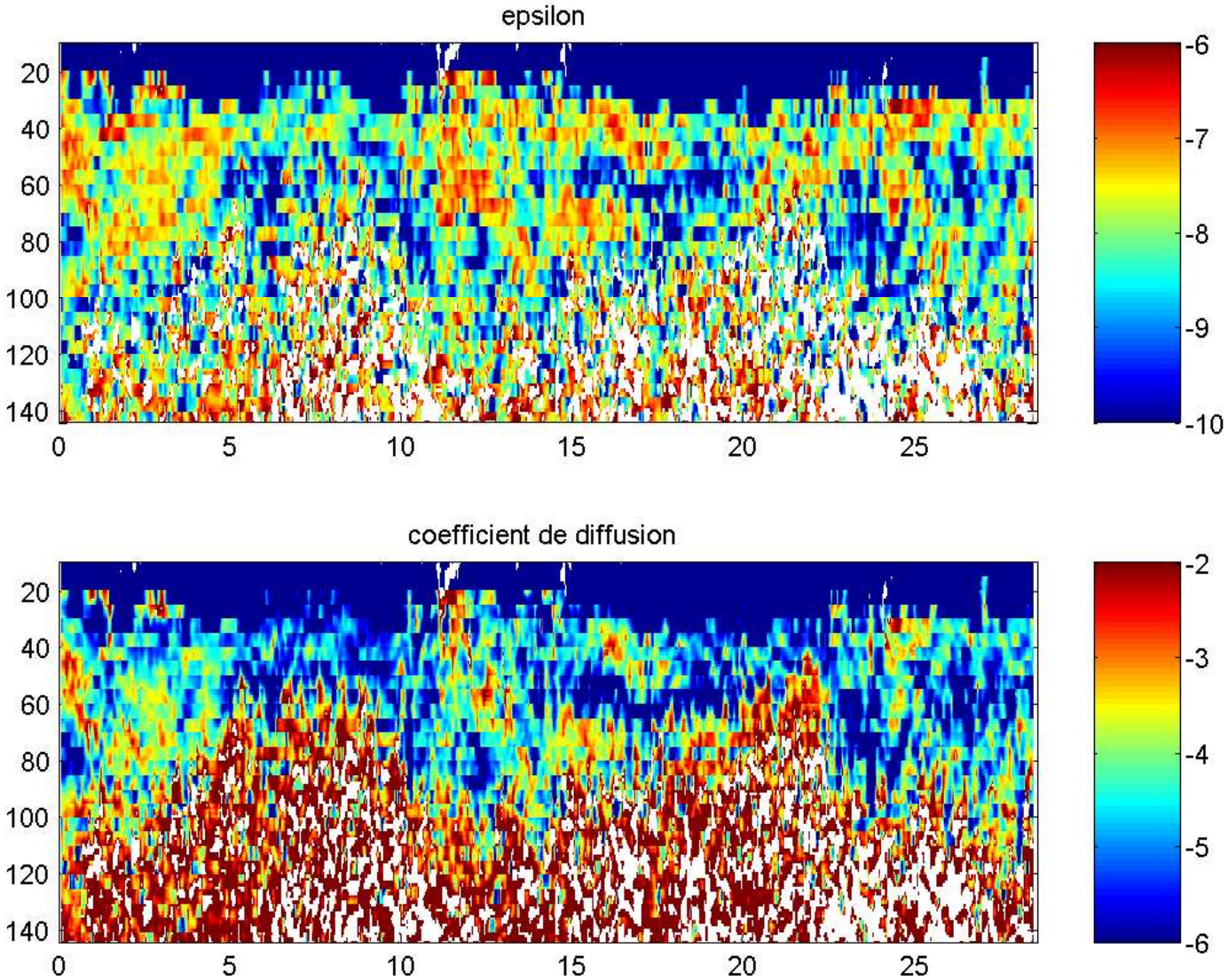


Cisaillement et stratification



Paramétrisation fine-échelle de la dissipation:

$$\varepsilon_{\mathrm{GH}} = 1.8 \times 10^{-6} \left[f \cosh^{-1}\left(\frac{N_0}{f}\right) \right] \left(\frac{S_{10}^4}{S_{\mathrm{GM}}^4}\right) \left(\frac{N^2}{N_0^2}\right)$$



Poursuite de l'analyse de ce jeu de données :

-Flux d'énergie au niveau des points fixes (génération, réflexion sur le fond)

-Génération de hautes fréquences lors de la réflexion du rayon sur le fond

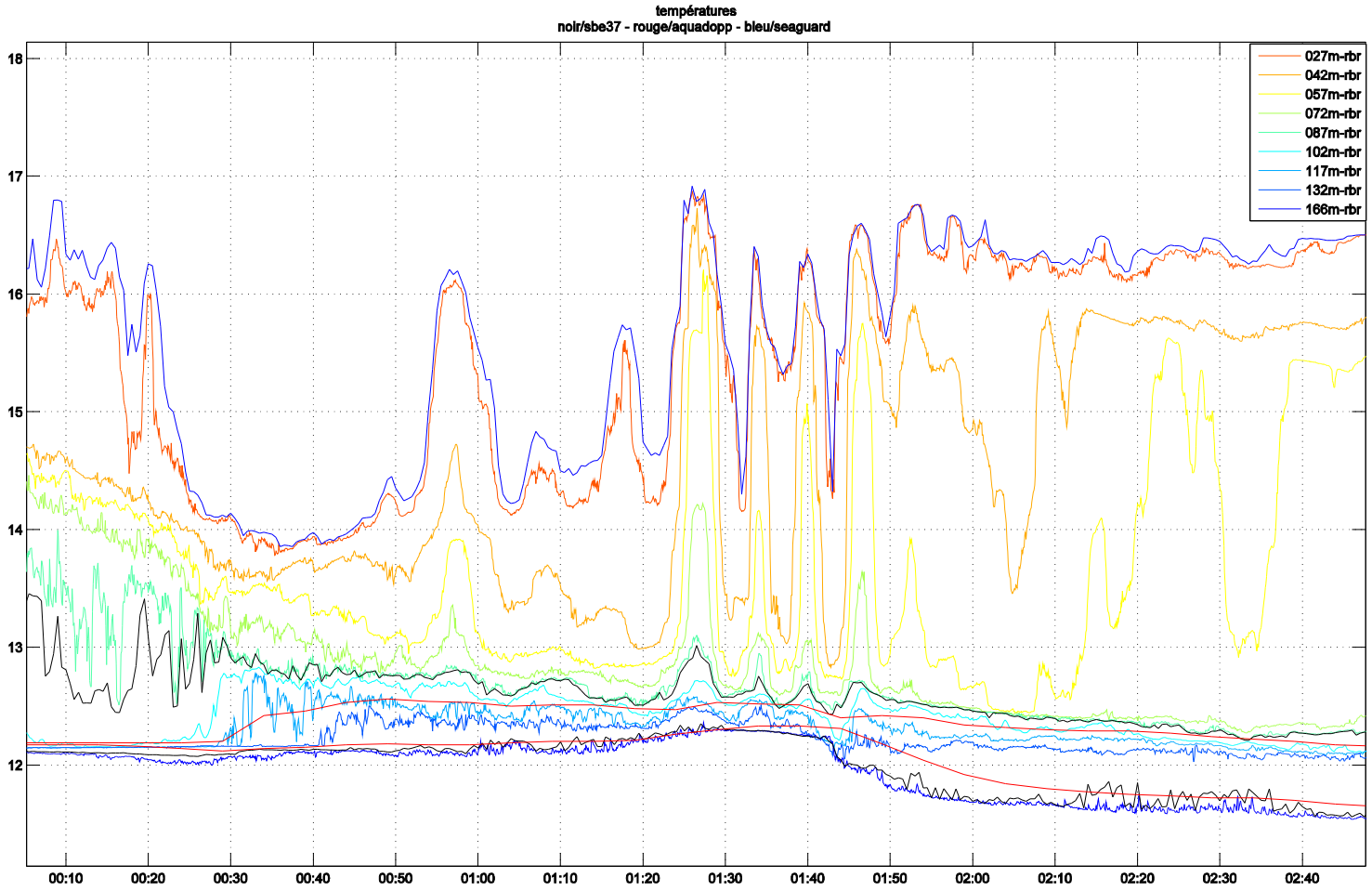
- caractériser les trains d'ondes solitaires: énergie et flux

-Mesures de turbulence / paramétrisation fine-échelle

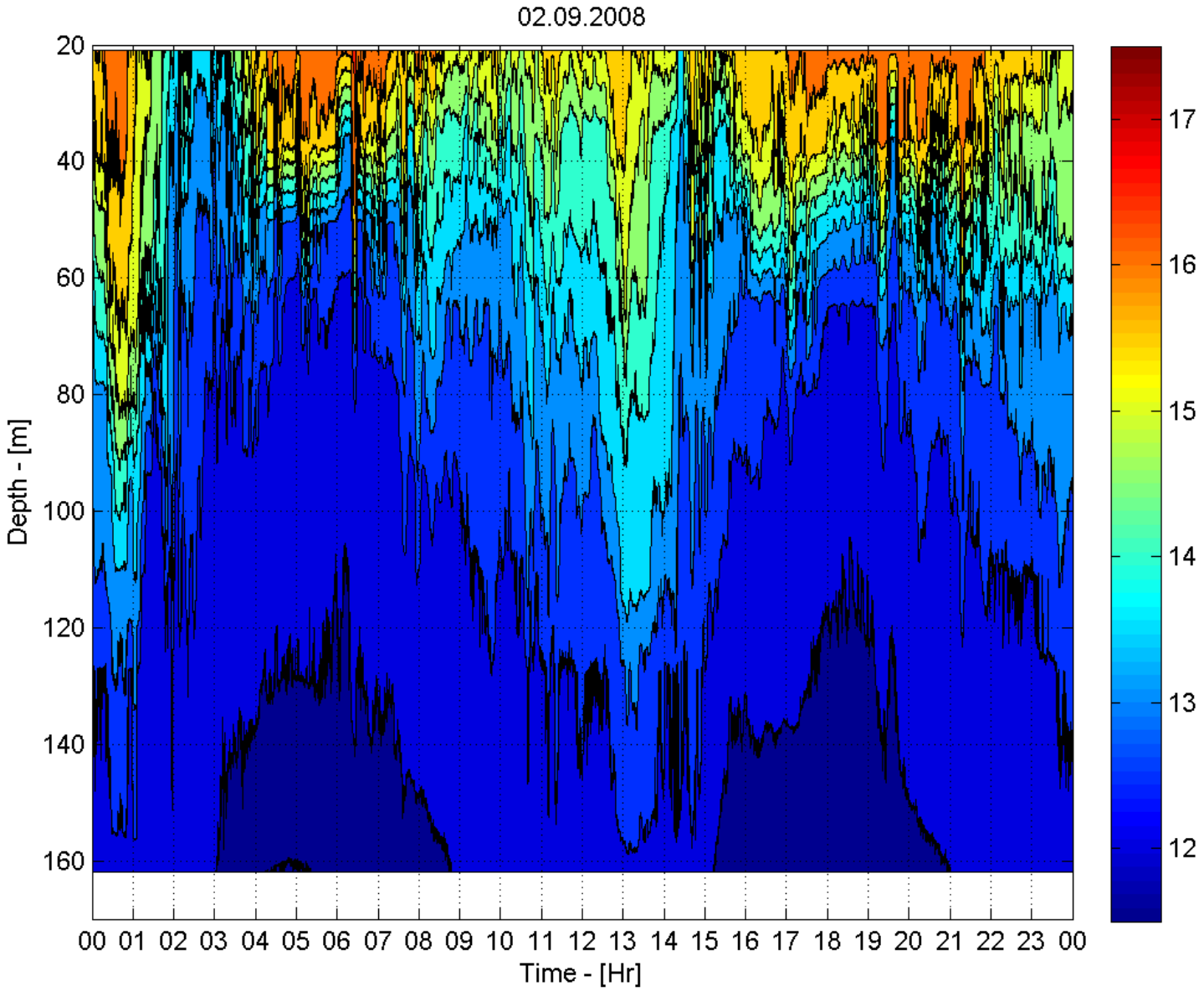
Campagnes futures:
-Radiale complète …
-Vers la côte

Simulations numériques directes dans une configuration idéalisée: Bilan énergétique, devenir des trains d'ondes solitaires, test de paramétrisation

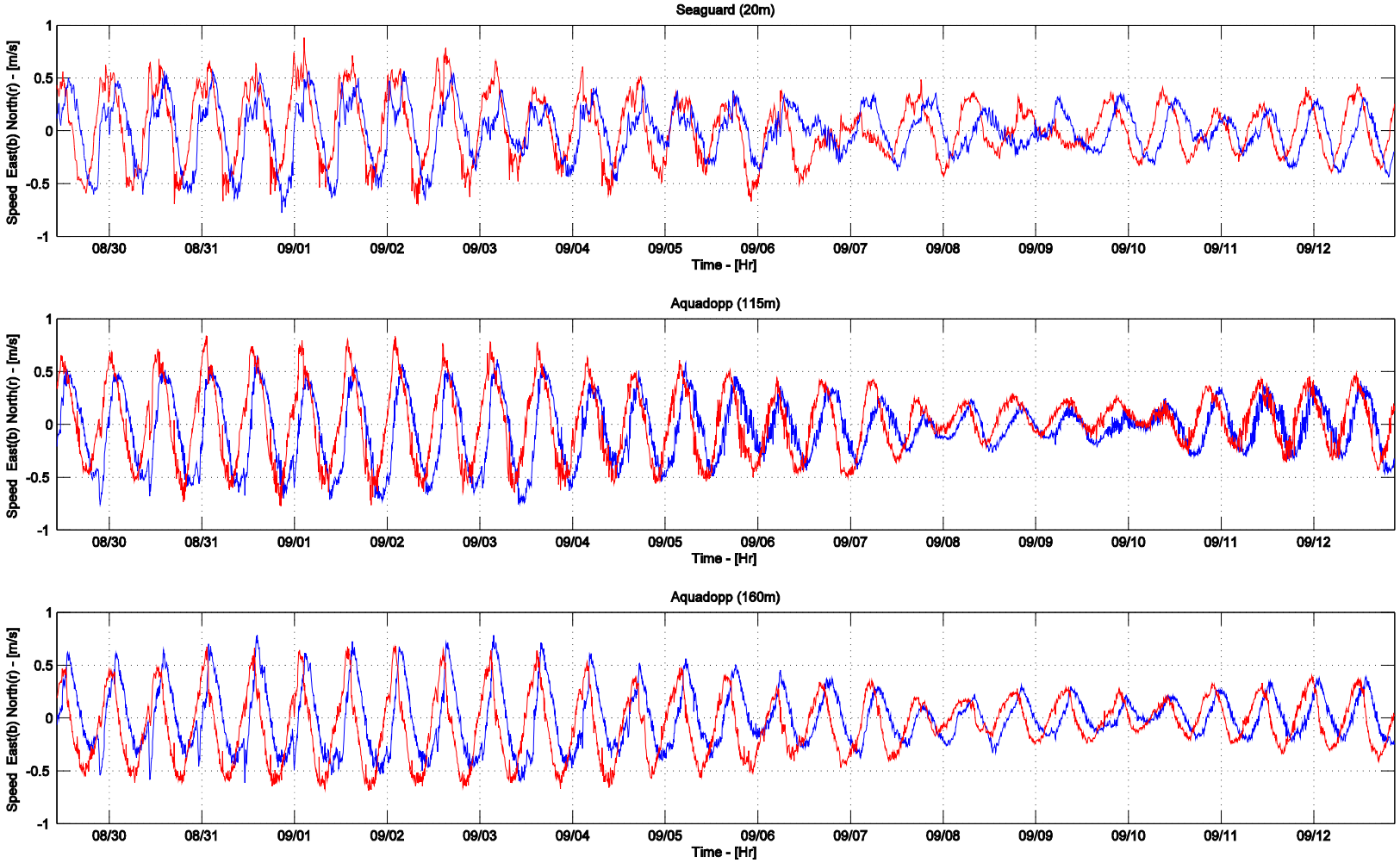
31 août 0h00- 2h50



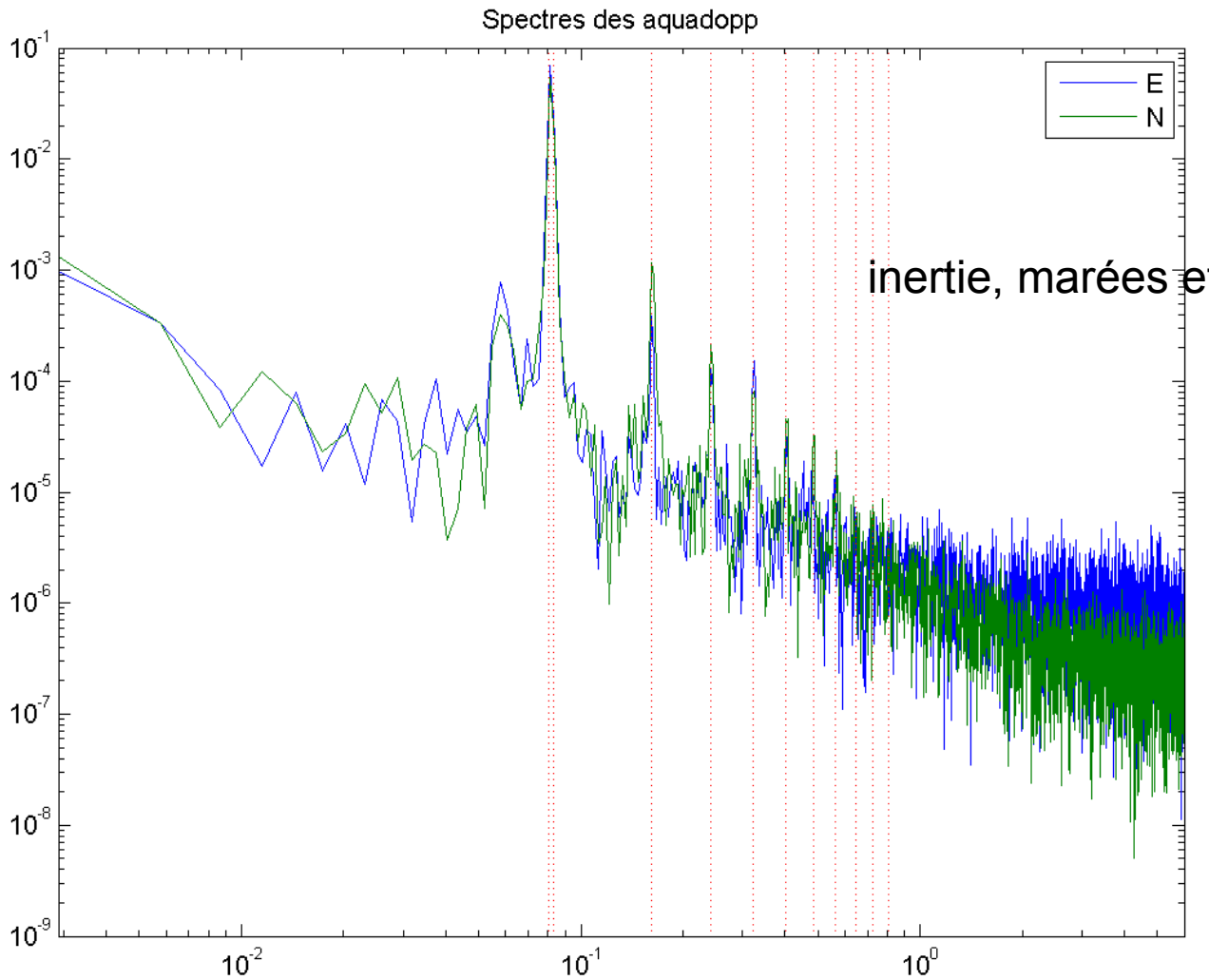
02/09


02.09.2008
Depth - [m]
20
40
60
80
100
120
140
160
00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 00
Time - [Hr]
17
16
15
14
13
12

Courants à 18m, 111m et 160m



Spectres en fréquence



inertie, marées et harmoniques

Fréquence (cph)

CTD/LADCP:
-estimations du mélange, spectres/GM
-Flux d'énergie pour les points fixes

Seasoar:
Estimation du mélange à partir de la déformation des isopycnes

Mouillage:
-caractériser les « solitons »: échelle, énergie
-marée interne: flux d'énergie
-estimation du mélange à partir des spectres de température