

Projet ZEBRE (2013-2014)

Observation et modélisation des jets zonaux profonds dans l'Océan Pacifique Tropical

Sophie Cravatte¹, Elodie Kestenare², Romain Bourdallé-Badié³, Frédéric Marin²,
Billy Kessler⁴, Christophe Menkès⁵, Hristina Hristova⁴

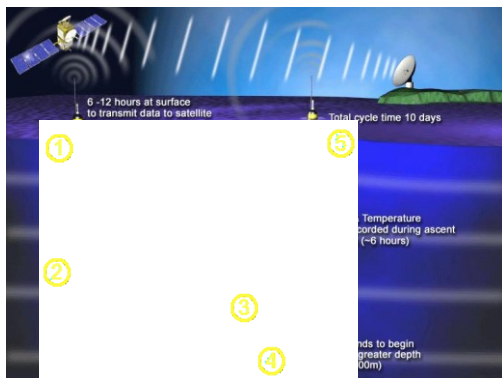
¹ IRD – LEGOS, Nouméa

² IRD – LEGOS, Toulouse

³ Mercator-Océan, Ramonville Saint-Agne

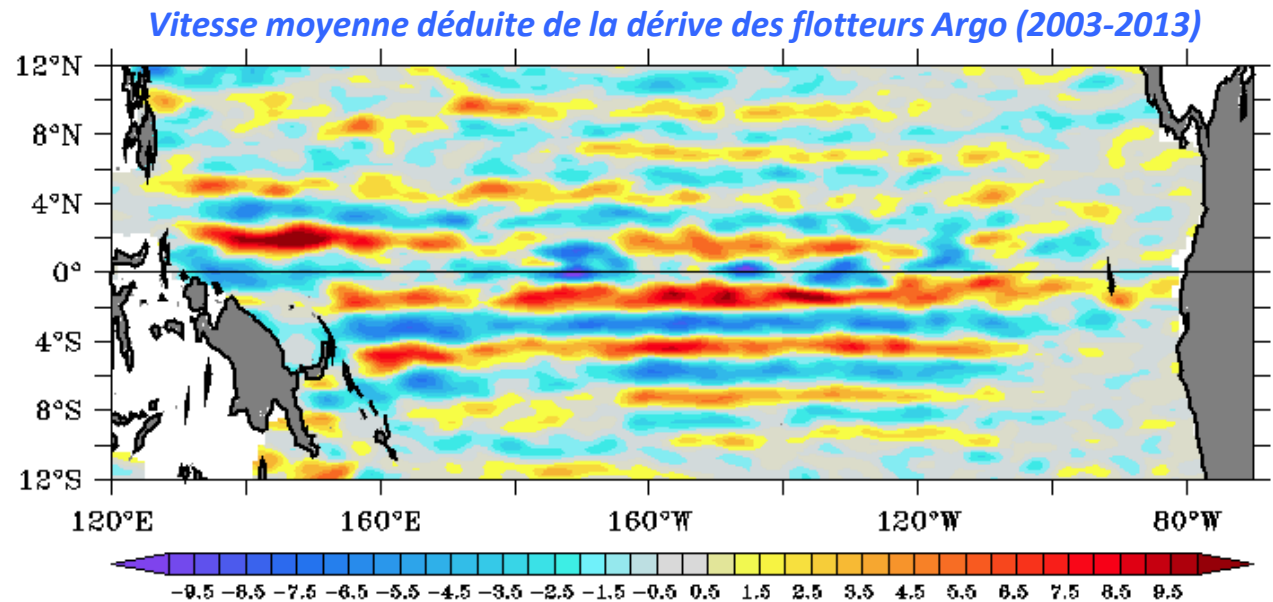
⁴ NOAA – PMEL, Seattle, USA

⁵ IRD – LOCEAN, Nouméa

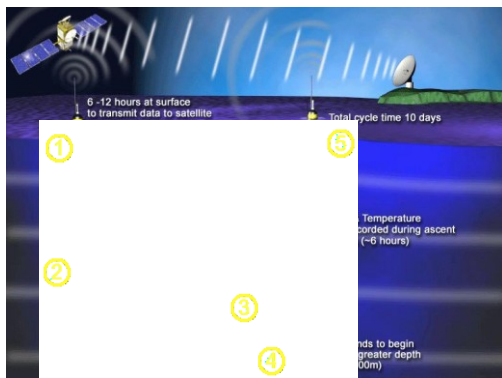


U
1000 m
(cm/s)

JETS ZONAUX INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al., 2012)



- Jets zonaux alternés cohérents en longitude à l'échelle du bassin de 10°S à 10°N
- Les jets apparaissent dès le bord Ouest, mais disparaissent dans l'Est du bassin.
- Amplitude plus forte dans l'Ouest et au Sud de l'équateur (± 5 cm/s environ)
- Echelle méridienne: 300 km environ
- Les jets s'éloignent faiblement de l'équateur dans la partie Ouest

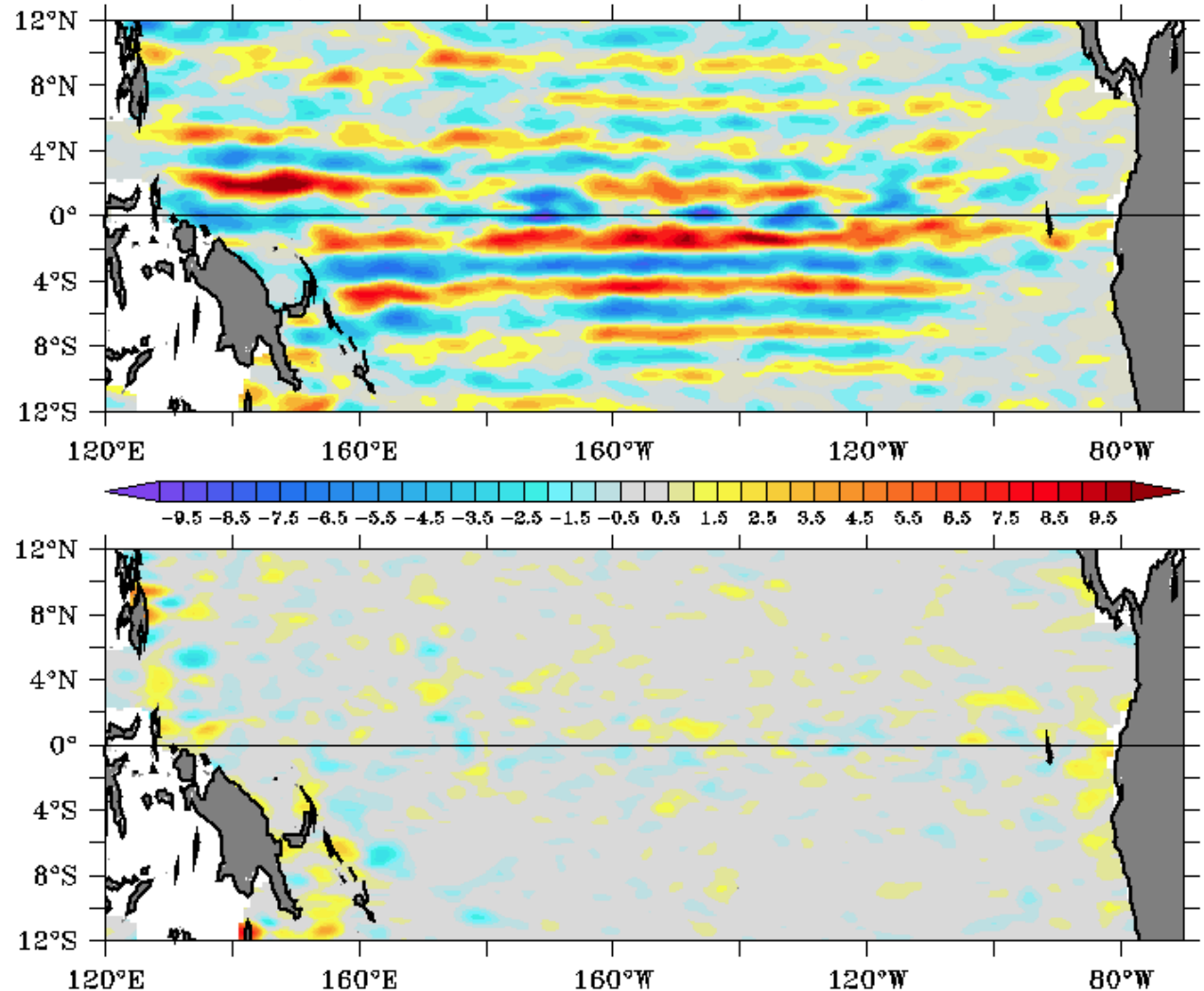


U
1000 m
(cm/s)

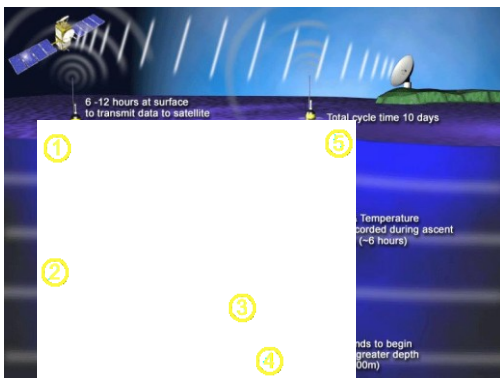
V
1000 m
(cm/s)

JETS ZONAUX INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al., 2013)

Vitesse moyenne déduite de la dérive des flotteurs Argo (2003-2013)

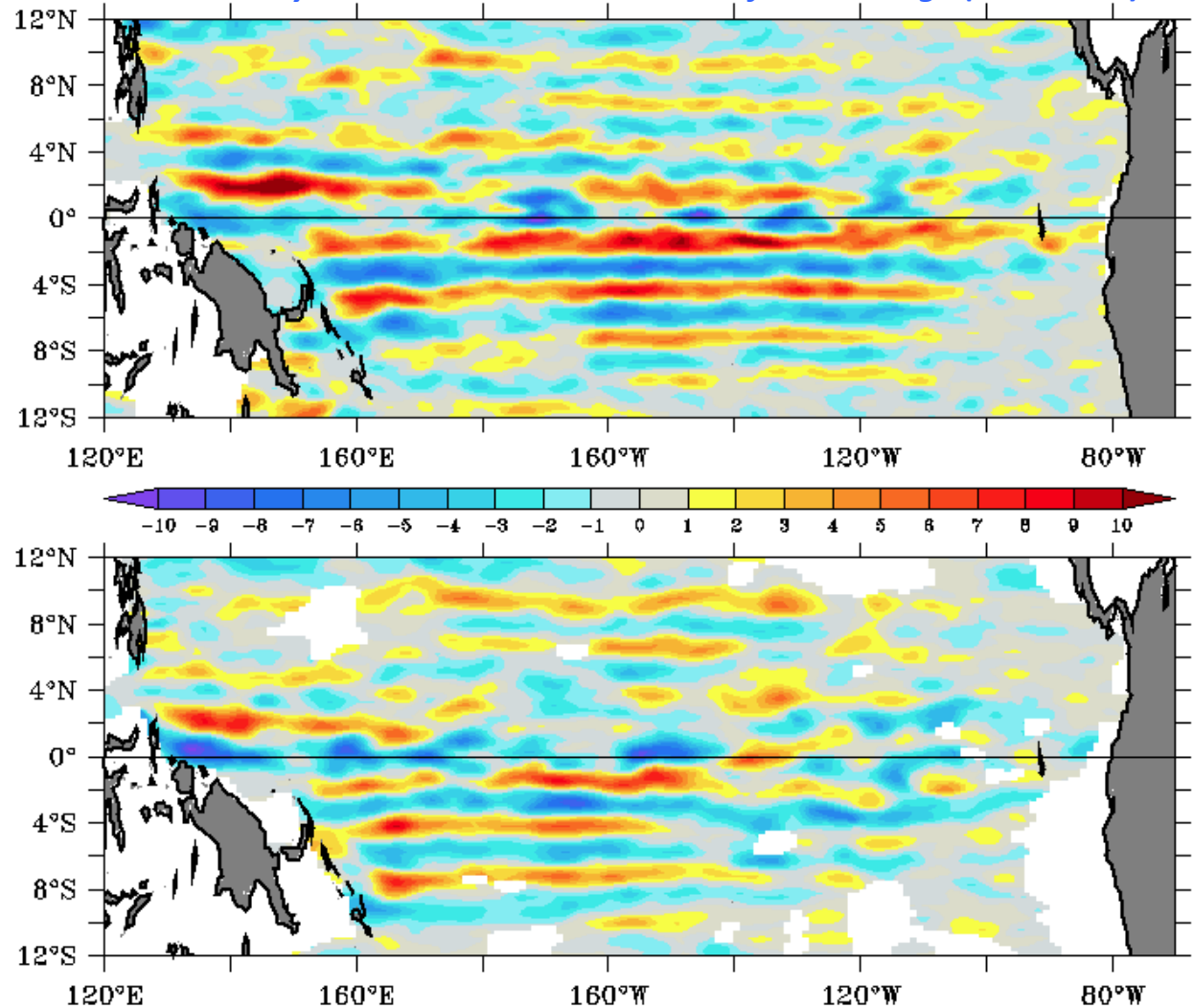


- pas de signature en vitesse méridienne



JETS ZONAUX INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al., 2013)

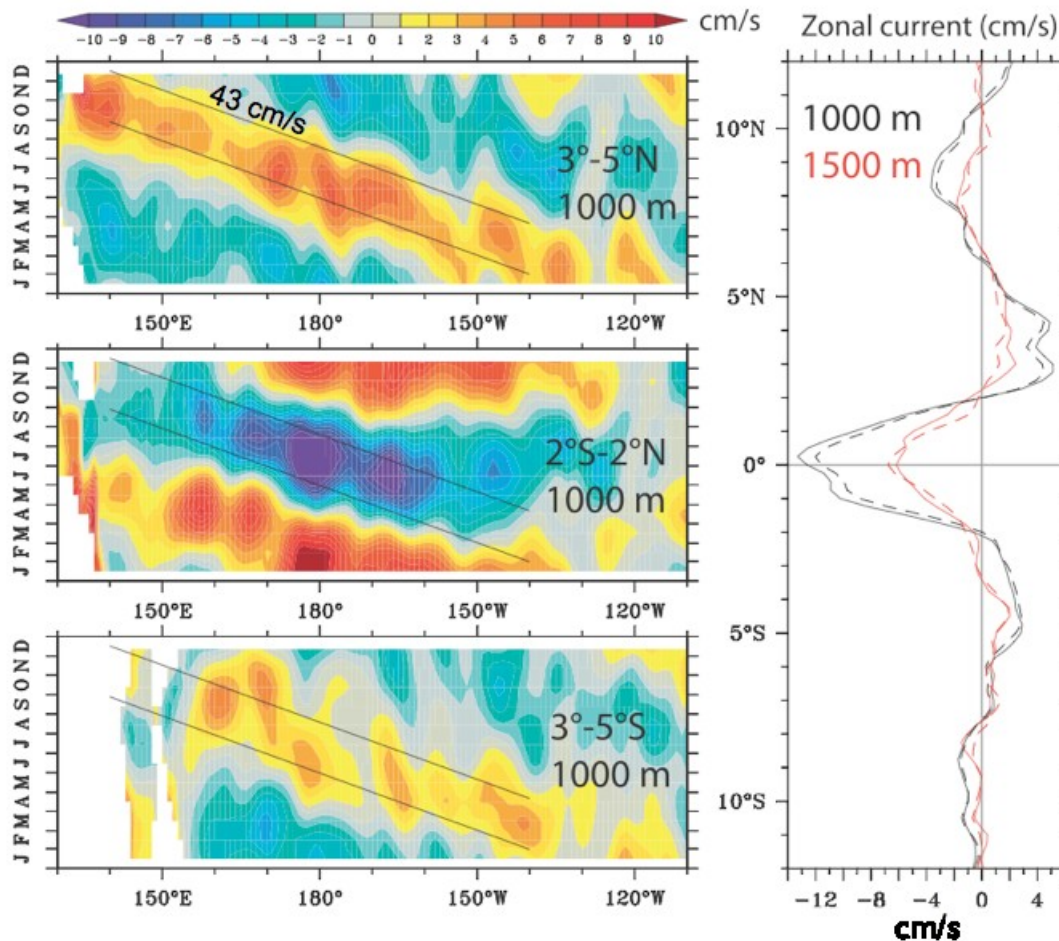
Vitesse moyenne déduite de la dérive des flotteurs Argo (2003-2013)



- Cohérence verticale entre 1000 et 1500 mètres de profondeur

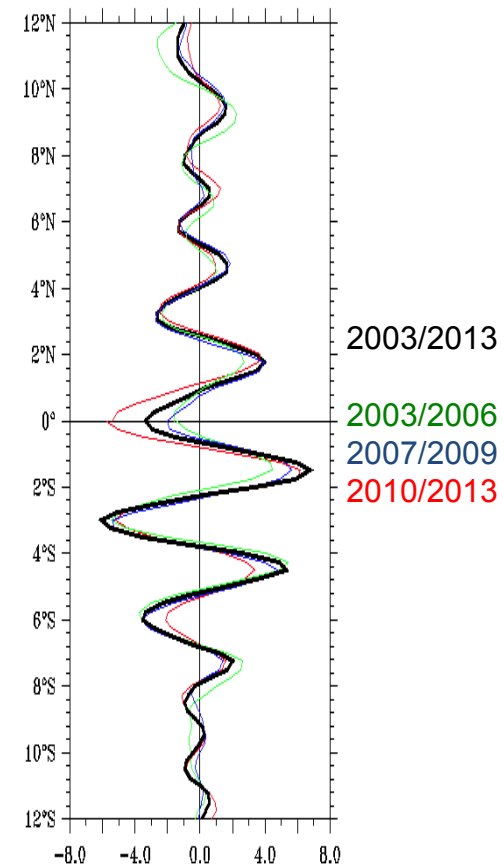
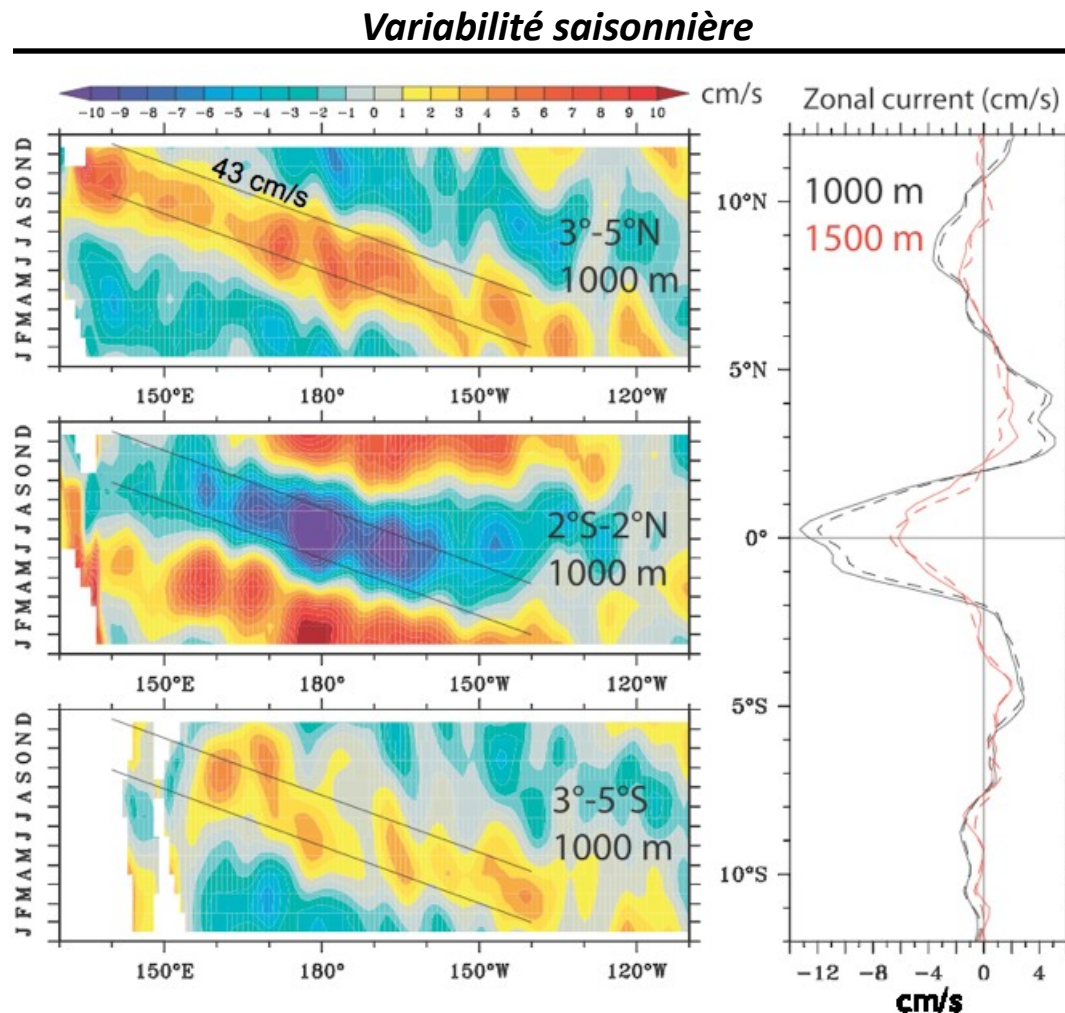
JETS ZONAUX INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al. 2014)

Variabilité saisonnière



- Cycle annuel de u: propagation verticale d'ondes de Rossby (e.g. Marin et al. 2010)
- Le cycle annuel de u a une structure méridienne différente de celle des jets
- Amplitude importante du cycle annuel → renverse saisonnière des jets

JETS ZONAUX INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al. 2014)



- Cycle annuel de u : propagation verticale d'ondes de Rossby (e.g. Marin et al. 2010)
- Le cycle annuel de u a une structure méridienne différente de celle des jets
- Amplitude importante du cycle annuel \rightarrow renverse saisonnière des jets
- Faible variabilité interannuelle apparente des jets

Questions scientifiques

du point de vue des observations...

- *ces jets s'étendent-ils au-delà de 12°S/N? Sont-ils présents dans les 3 océans tropicaux?*
- *quelle est leur structure verticale?*
- *quels sont leurs propriétés hydrologiques?*
- *sont-ils permanents ou quelle est leur variabilité éventuelle?*
- *quel est leur impact sur la circulation océanique générale (transports, mélanges, ...)*

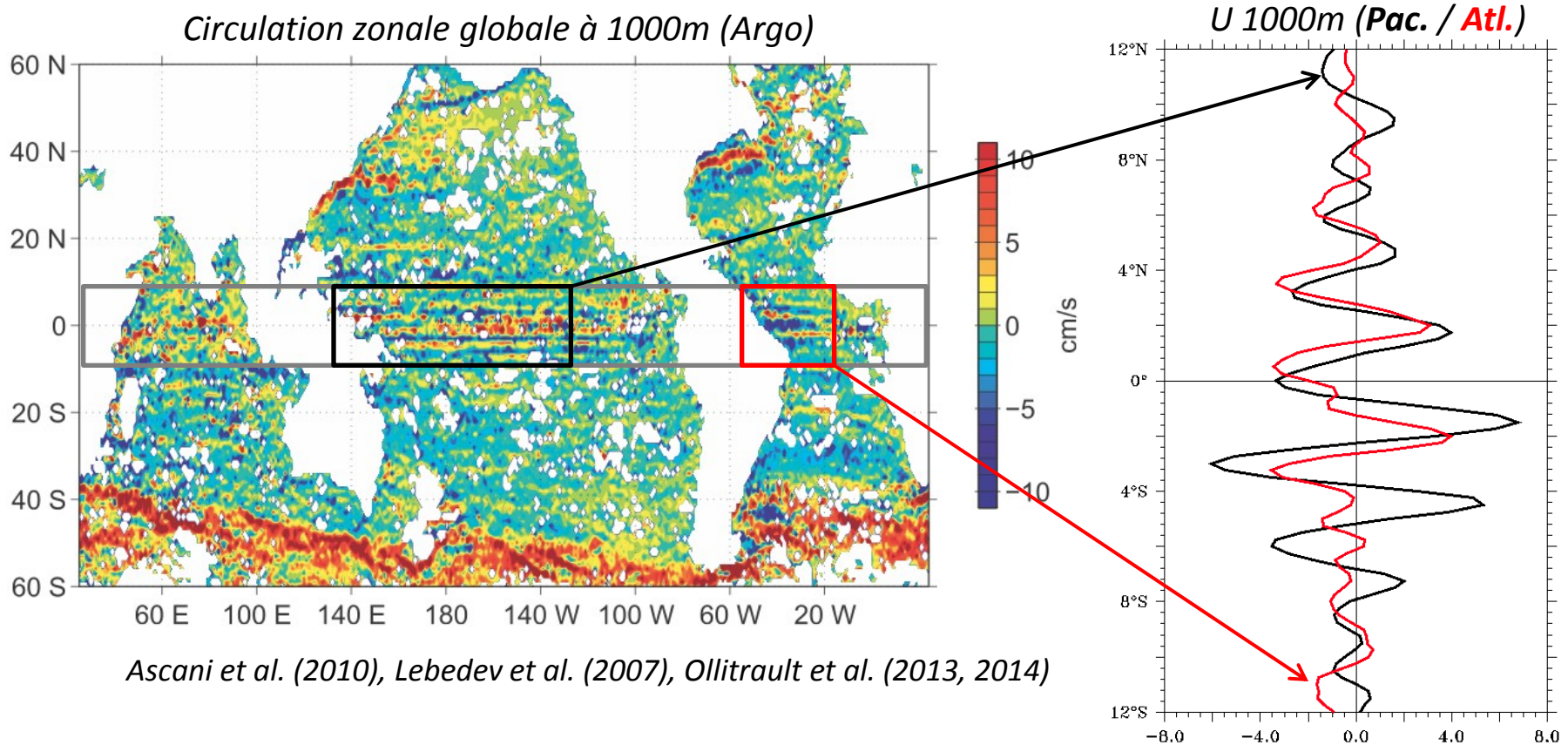
du point de vue des modèles numériques...

- *sont-ils correctement représentés dans les modèles numériques?*

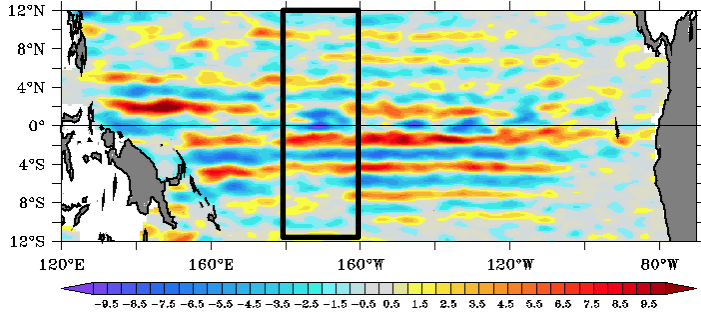
du point de vue théorique...

- *quel est le mécanisme responsable de leur formation?*
- *sont-ils le résultat d'une dynamique équatoriale ou ont-ils un lien avec la striation de grande échelle?*

Observations (1) - Comparaison des jets dans les 3 bassins tropicaux

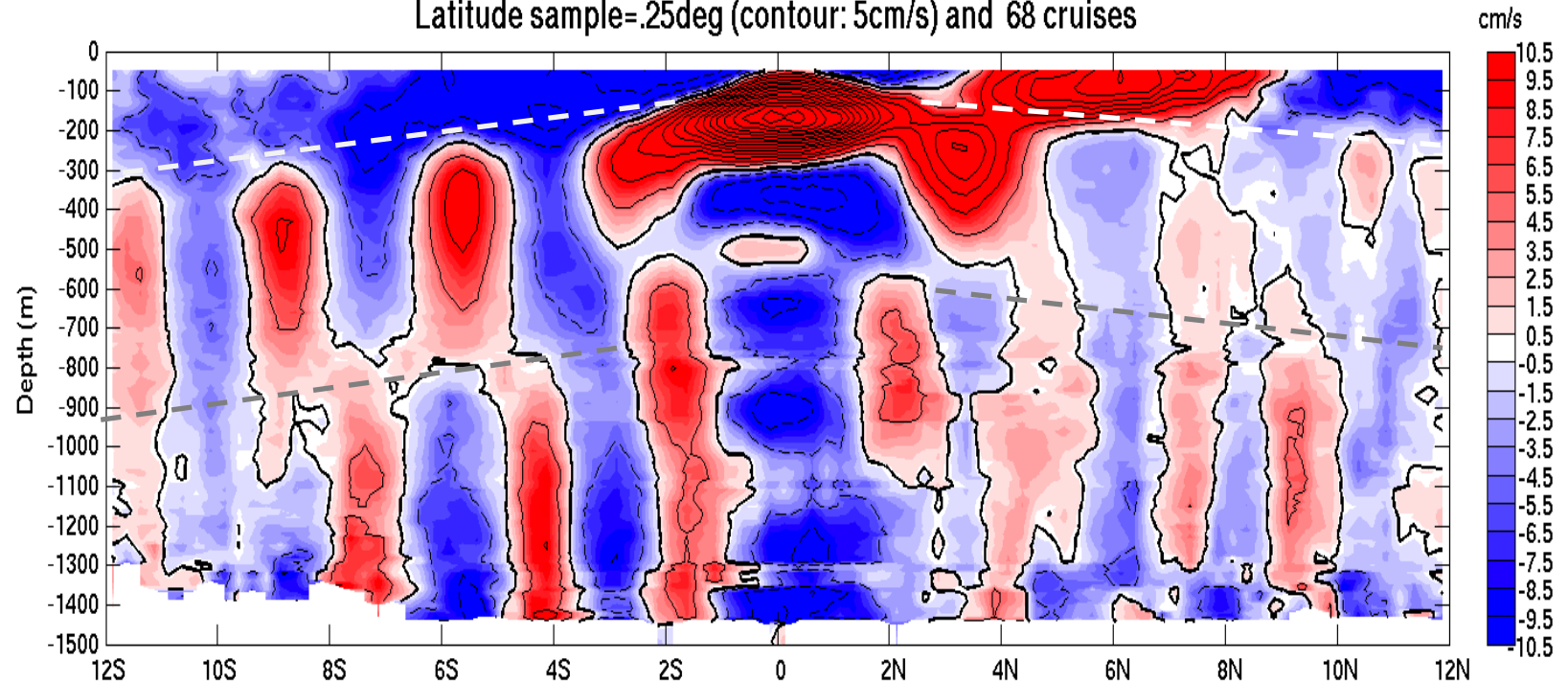


- pas de signature claire de jets à l'échelle du bassin dans l'océan indien
- jets présents dans l'océan Atlantique tropical, mais avec des propriétés différentes (+ faibles que dans le Pacifique, + intenses au Nord et avec une échelle méridienne + large)



Observations (2) - Structure verticale des jets à partir de données S-ADCP historiques

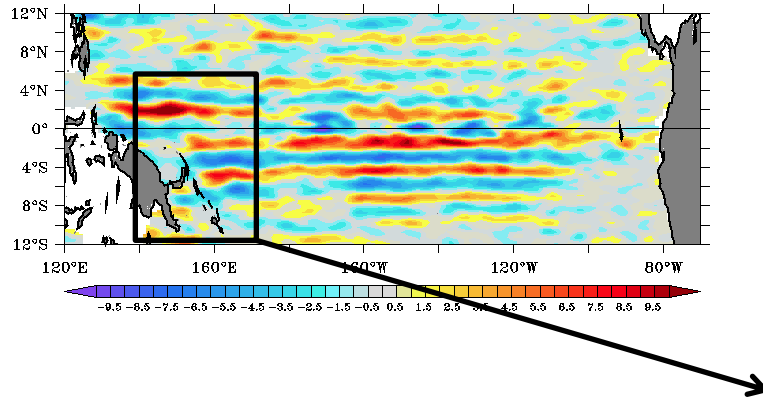
SADCP DATABASE: Annual Mean of Zonal current @AveLon:180E-160W
Latitude sample=.25deg (contour: 5cm/s) and 68 cruises



2 structures méridiennes de jets zonaux alternés:

- contre-courants de subsurface multiples entre la thermocline et 700-800m (e.g. Rowe et al. 1998)
- jets extra-équatoriaux intermédiaires en dessous de 800m

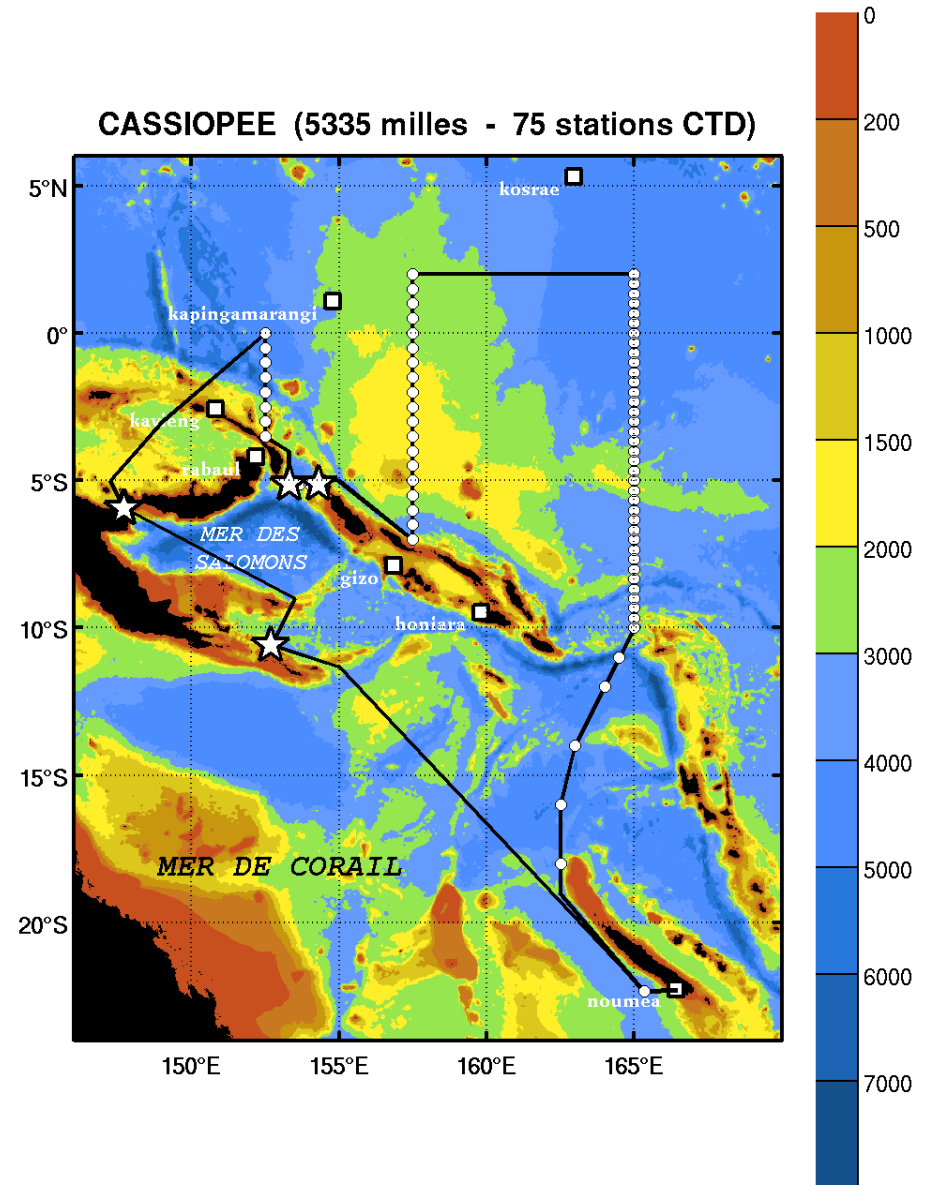
Observations (3) - Une campagne en mer dédiée: CASSIOPEE (juillet-août 2015)



- propriétés des jets le long de 3 sections méridiennes à haute résolution dans le Pacifique tropical Sud-Ouest:

- Structure des courants surface-fond
- propriétés hydrologiques des jets
- propriétés bio-géochimiques
- turbulence associée aux jets (chipods)

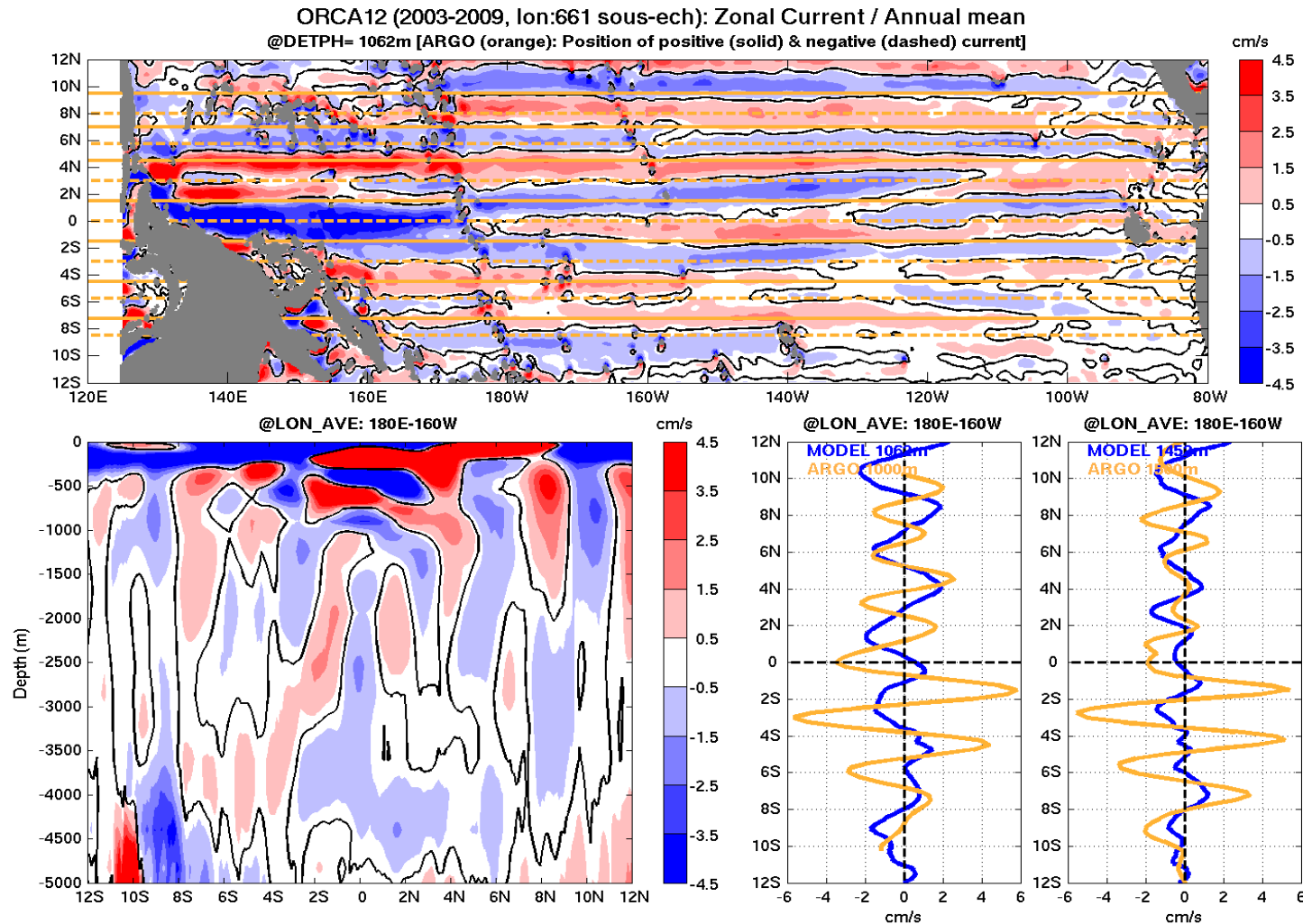
- déploiement de 7 flotteurs ARVOR



Analyse numérique (1) - liste des simulations analysées dans cette étude

	<i>Période (spin-up)</i>	<i>Rés. Horiz.</i>	<i>niveaux vert.</i>	<i>Forçage</i>	<i>Bathy</i>	<i>Schéma d'advection de diffusion / coeffs</i>
DRAKKAR ORCA12.L46-MJM88 NEMO	1982-2012 started at rest from Levitus98 1958-2012	1/12	46	CORE Bulk DFS4.4 (ERA40, ERAi)	Merge of etopo1 Gebco08	Vertical : TKE Tracers : TVD, isopycnal diffusion Momentum : EEN, horizontal bi-harmonic operator
ORCA12 ORCA12-T321 NEMO	2003-2009 (spin-up 10/1999 -> 01/2002)	1/12	50	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave)	Merge of etopo1 Gebco08	Vertical : TKE Tracers : TVD, isopycnal diffusion Momentum : EEN, diffusion bilaplacienne
ORCA025 ORCA025-T321 NEMO	2003-2009	1/4	50	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : TKE Tracers : TVD, isopycnal diffusion Momentum : EEN, diffusion bilaplacienne
ROMS	1993 -07/2014 10 yrs spinup	.1/4	41 (sigma)	NCEP2 + bulk Fairall toutes les 6 heures	Etopo2	Vertical KPP ((Large et al. 1994) Advection: schéma du 3ème ordre upstream (Marchesiello et al., 2009 ; Lemarié et al. 2012.)
OFAM3 MOM (Oke et al.)	1993-2010 started at rest, 14 yrs spinup	1/10	51	ERAi	Gebco08, + 9 arc-second topography near Australia	Vertical : Chen et al. (2004)+ tides Tracers : third-order upwind biased scheme for tracers Diffusion : no Momentum : Advection : third-order Adams- Bashforth scheme ; diffusion : biharmonic
OFES NCEP MOM3 Pacanowski and Griffies (1999)	2000-2003 (spin-up : 1950-1999)	1/10	54	NCEP/NCAR wind	1/30° by OCCAM project (SOC) Partial cell	Vertical viscosity and diffusivity : K-profile parametrization (KPP) (Large et al, 1994)
OFES QSCAT MOM3 Pacanowski and Griffies (1999)	07 /1999-2004 (initial conditions : run OFES NCEP 1950-2004)	1/10	54	QSCAT sat wind	1/30° by OCCAM project (SOC) Partial cell	Vertical viscosity and diffusivity : K-profile parametrization (KPP) (Large et al, 1994)
TRBB357	1979-2011	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : GLS Tracer : TVD Moment : schema centre+ operateur bilaplacien
TRBB358	1979-2011	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : GLS Tracer : Lax-Wendroff (schema autodiffusif mais pas dans sens isopycne) Moment : schema UBS (schema autodiffusif) ;
TRBB359	1979-2011	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : GLS Tracer :TV D Moment : schema UBS (schema autodiffusif);
GLORYS2v3	1993-2012	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	

Analyse numérique (2) – exemple-type de validation pour la simulation ORCA12

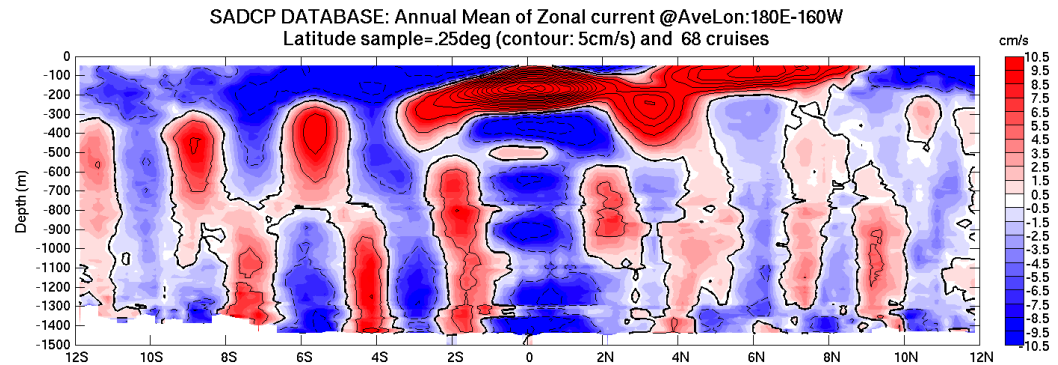


Existence de jets alternés dans ORCA12 dans les eaux intermédiaires, mais:

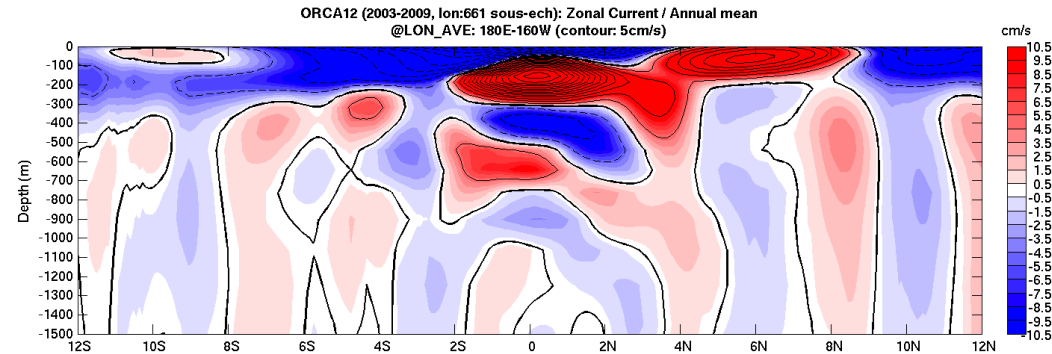
- amplitude trop faible (<2cm/s), et mauvaise structure méridienne
- influence forte de la topographie

Analyse numérique (3) – Rôle de la résolution horizontale (ORCA12 vs ORCA025)

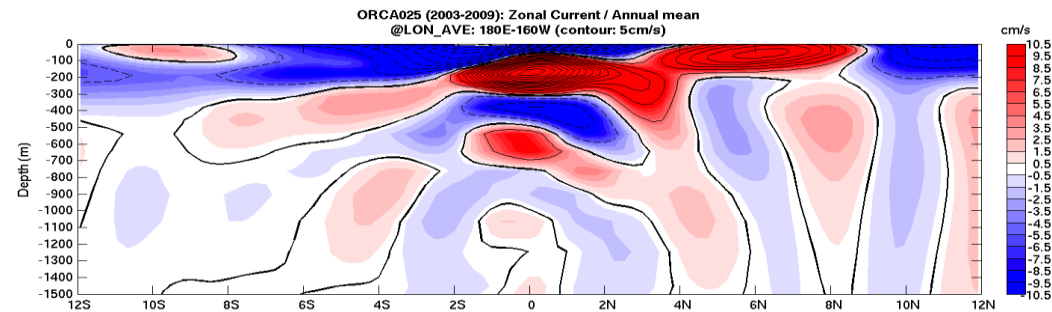
S-ADCP



ORCA12

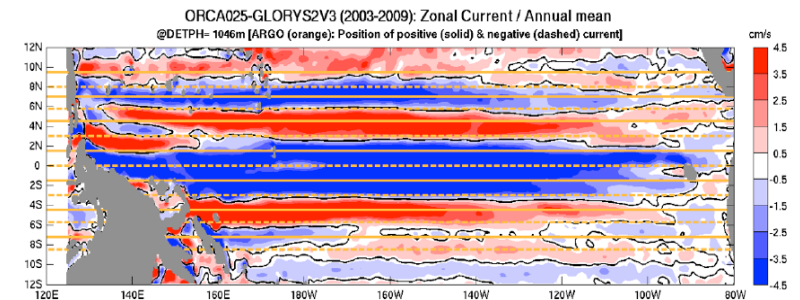
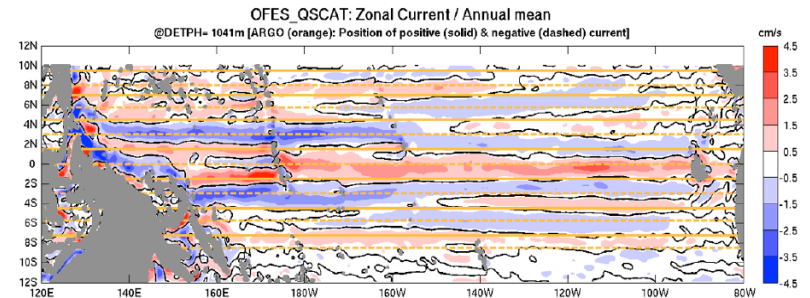
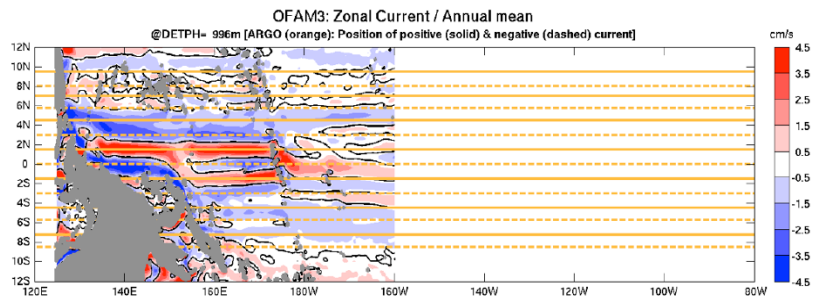
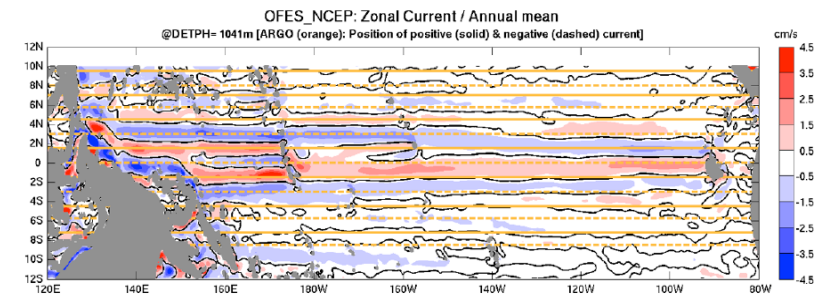
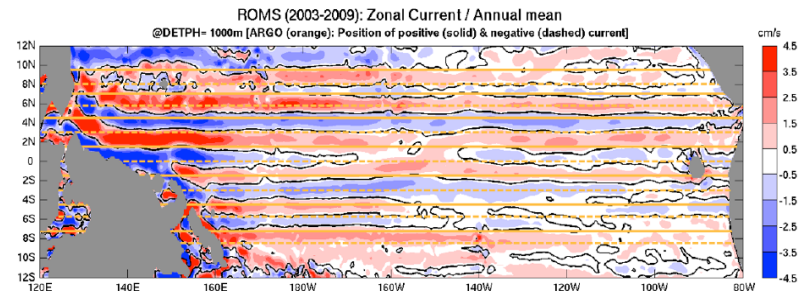
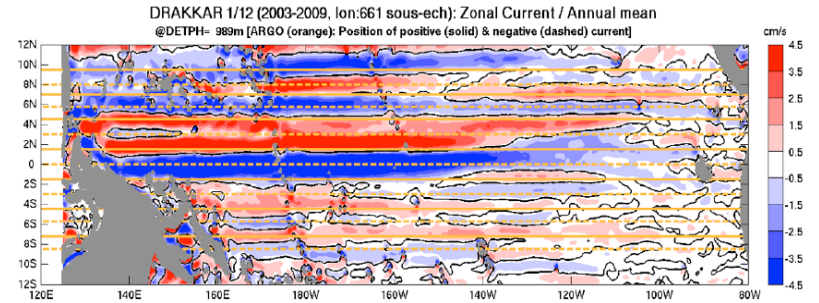
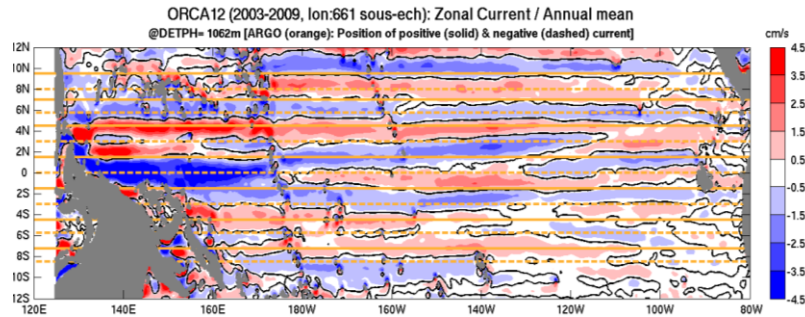


ORCA025



- impact faible de la résolution horizontale (1/4 vs 1/12) sur les jets profonds

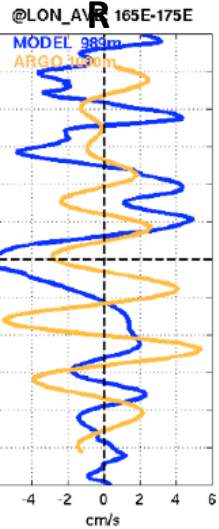
Analyse numérique (4) – Circulation à 1000 m



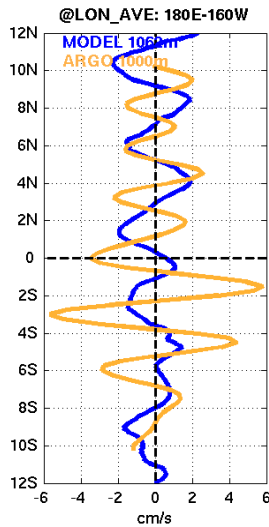
- forte variabilité inter-modèles
- influence de la topographie

Analyse numérique (5) – Circulation à 1000 m

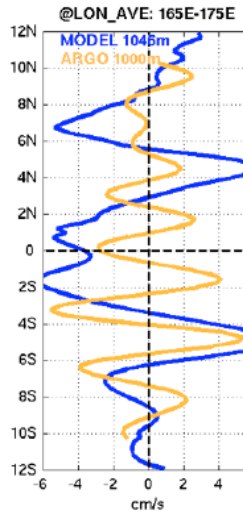
DRAKKA



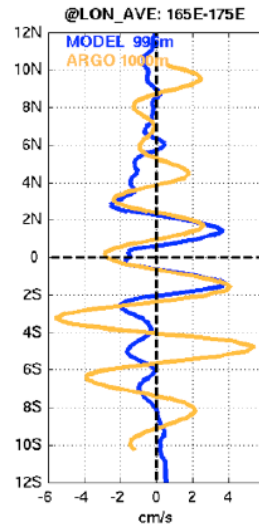
ORCA12



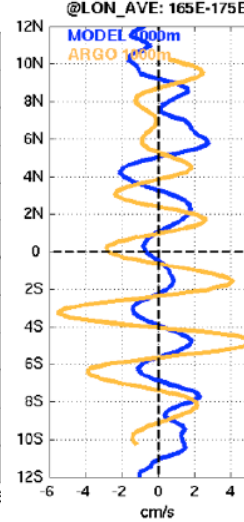
GLORYS



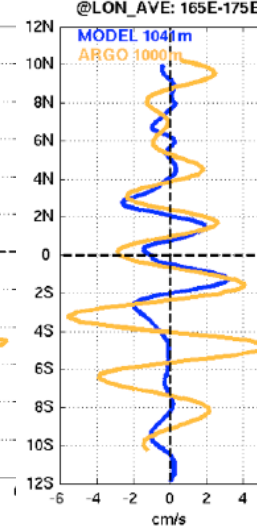
OFAM3



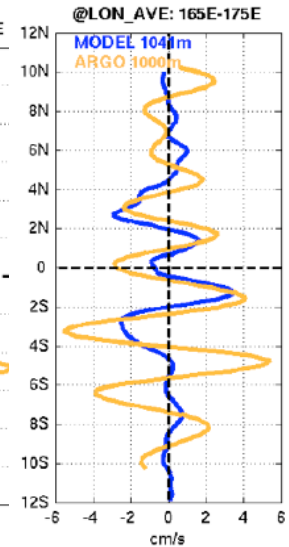
ROMS



**OFES-
NCEP**



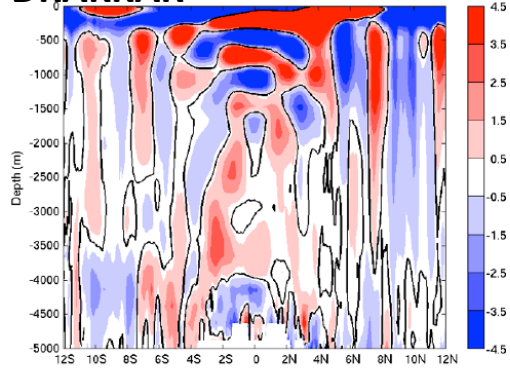
**OFES-
QSCAT**



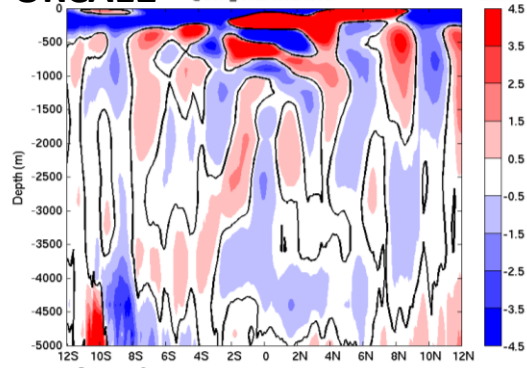
- forte variabilité inter-modèles
- meilleure structure méridienne: ROMS

Analyse numérique (6) – Structure verticale

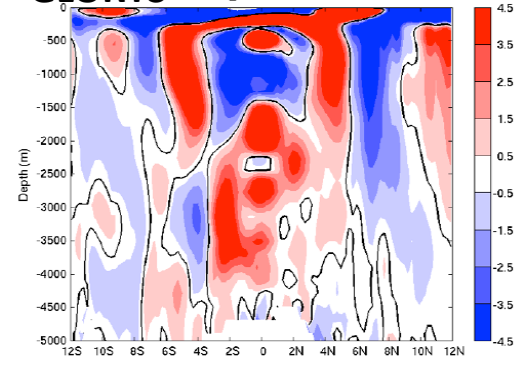
DRAKKAR @LON_AVE: 165E-175E



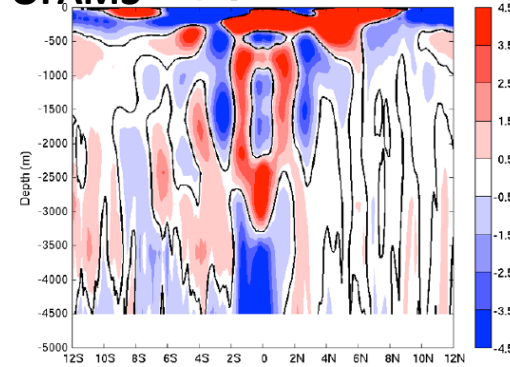
ORCA12 @LON_AVE: 180E-160W



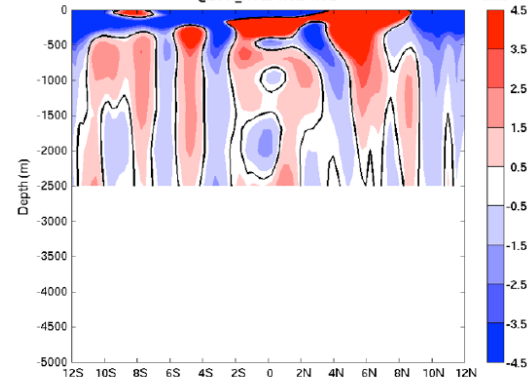
GLORYS @LON_AVE: 165E-175E



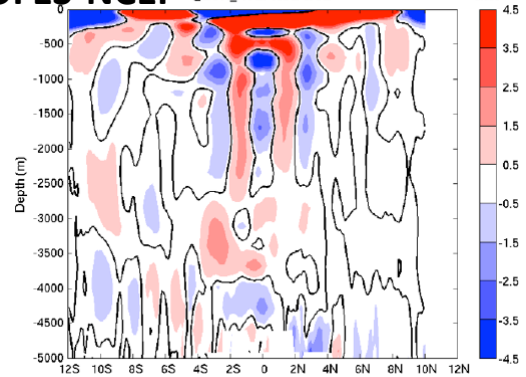
OFAM3 @LON_AVE: 165E-175E



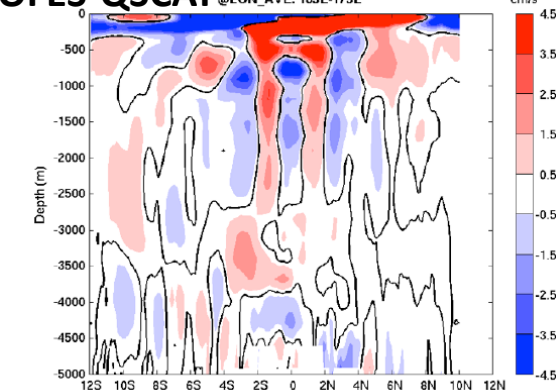
ROMS @LON_AVE: 165E-175E



OFES-NCEP @LON_AVE: 165E-175E



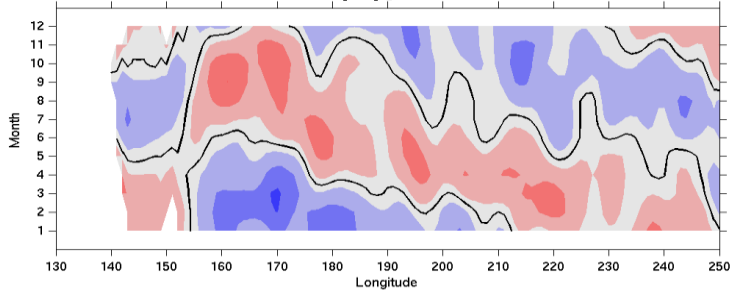
OFES-QSCAT @LON_AVE: 165E-175E



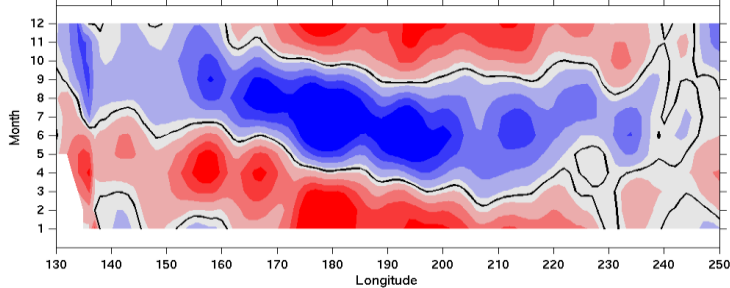
Analyse numérique (6) – Variabilité saisonnière

ARGO

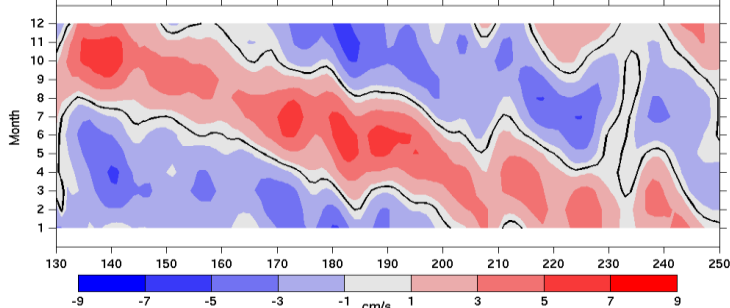
ARGO: Zonal Current / Seasonal anomalies
BOXLAT=[-5 -3] @DETPH= 1000m



BOXLAT=[-2 2] @DETPH= 1000m



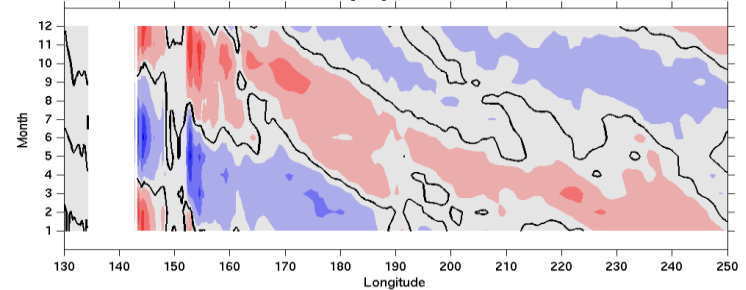
BOXLAT=[3 5] @DETPH= 1000m



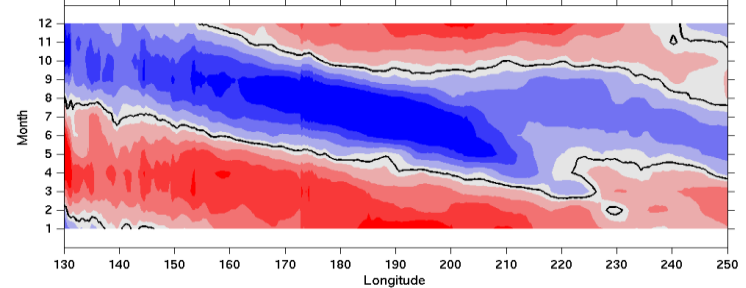
06 Nov 2014 05:20 [plotargo_hov_seasanom_lon.m @elk]

ORCA12

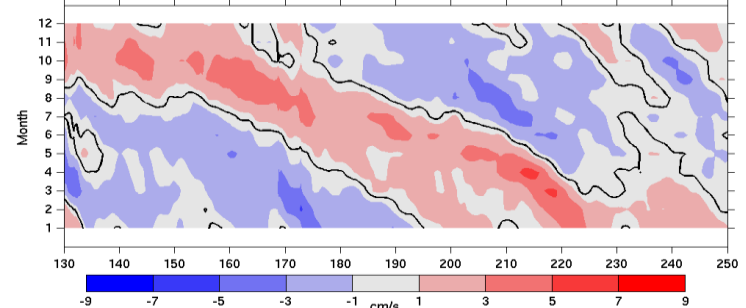
ORCA12 (lon:661 sous-ech): Zonal Current / Seasonal anomalies (2003-2009)
BOXLAT=[-5 -3] @DETPH= 1062m



BOXLAT=[-2 2] @DETPH= 1062m



BOXLAT=[3 5] @DETPH= 1062m



23 Oct 2014 05:30 [plot12_hov_seasanom_lon.m @elk]

- bonne représentation de la variabilité saisonnière profonde en phase et en amplitude dans l'ensemble des modèles, à l'exception de OFES (faible) et ROMS (fort)

Conclusions / perspectives

Structure méridienne des jets extra-équatoriaux intermédiaires

- *bien documentée dans l'océan Pacifique tropical (Argo, S-ADCP, campagne à venir)*
- *présente dans l'océan Atlantique équatorial*
- *absente dans l'océan indien*

Mais mal représentée dans l'ensemble des modèles numériques...

- *amplitude trop faible*
- *mauvaise structure méridienne et manque de cohérence zonale*
- *forte variabilité temporelle*
- *influence trop forte de la topographie*
- *influence faible de la résolution verticale et du schéma d'advection choisi*

Un challenge pour les théoriciens et les modélisateurs...