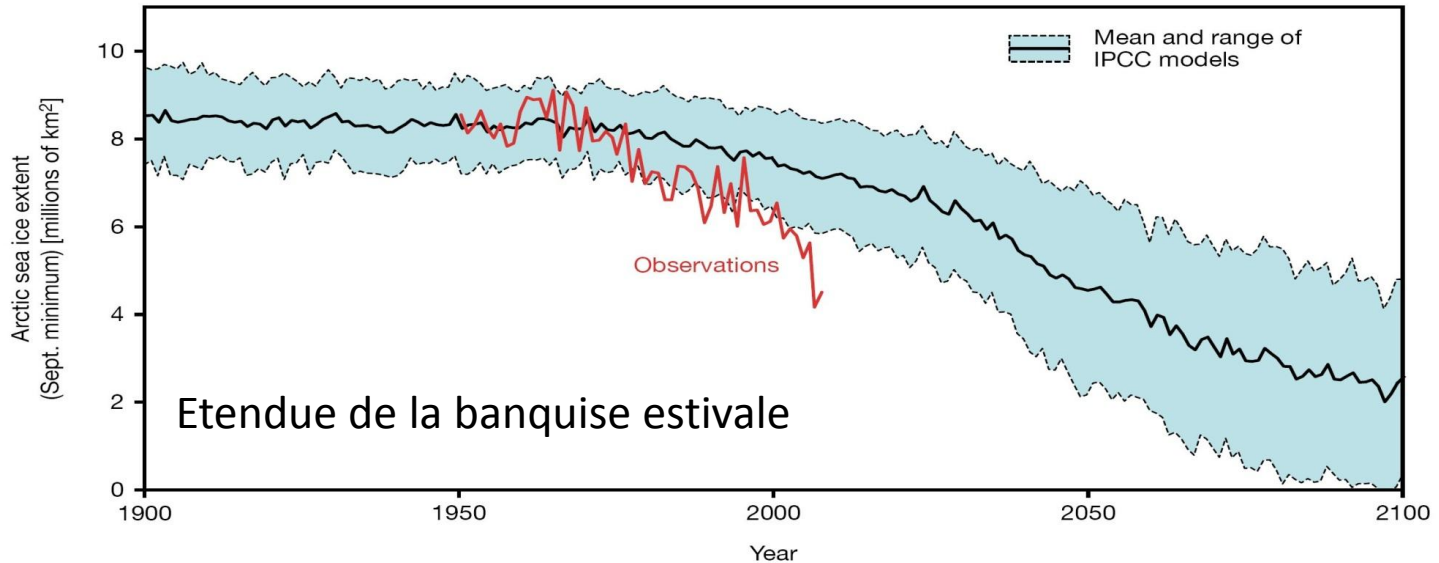


OPTIMISM

Observing Processes impacting The sea-
Ice Mass balance from In Situ
Measurements



Motivations



Source: diagnostic de Copenhague

- Etendue de glace de mer diminue plus vite que les prévisions les plus pessimistes des modèles de climat. Record de l'été 2007 pratiquement égalé en 2011.
- Nécessité de raffiner la paramétrisation des processus au sein de la glace de mer et aux interfaces océan-glace-atmosphère. Flux en surface mal contraints.
- Observations nécessaires pour:
 - Évaluer les changements en cours en Arctique.
 - Documenter les processus d'échange aux interfaces océan-glace-atmosphère.
- La mesure satellite de l'épaisseur de glace en est à ses débuts (CryoSat, 2010).
-> Données de terrain nécessaires pour la validation (épaisseur, charge neigeuse,...).
- **Réel besoin d'observations IN SITU de l'épaisseur de glace et des flux!**

Plan de la présentation

- Objet et structure du projet OPTIMISM
- Développements technologiques:
 - Bouée « Ice-T » pour le bilan de masse de glace.
Exemple de mesures collectées au Pôle Nord en 2011
 - Mat météo « BEAR » et le bilan d'énergie en surface.
 - Ice-T rencontre BEAR
- Expérience en cours dans la polynie du Storfjord, Svalbard.
- Etudes scientifiques

OPTIMISM (2009-2013)



5 thèmes scientifiques:

1. Bilan de masse de glace
2. Dynamique océanique interne à haute-fréquence et impact du mélange sur la formation d'eau dense (polynie côtière).
3. Interactions houle-glace.
4. Bilan d'énergie en surface
5. Ondes électromagnétiques à l'interface air-neige-glace: suivi de l'épaisseur de neige par altimétrie radar.

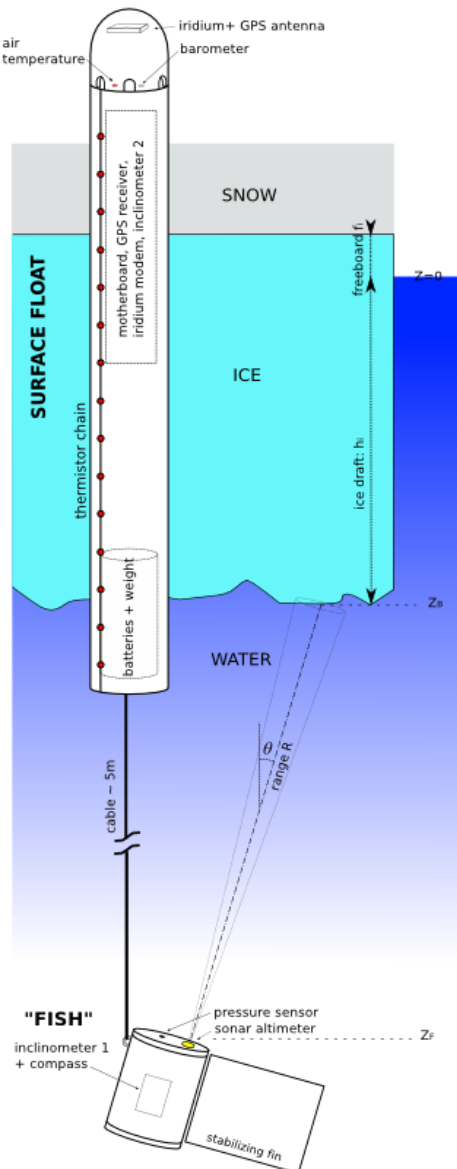
Comment et où?

- Développement d'une bouée autonome pour la mesure d'épaisseur de glace et des flux aux interfaces.
 - S'appuyant sur le prototype Ice-T
 - Nouveaux développements technologiques (en particulier mesure des flux atmosphériques)
- Acquisition de données 1) dans une polynie côtière (Svalbard) et 2) dans la banquise arctique (Pôle Nord)
- Modélisation numérique et développement méthodologique

Bouée « Ice-T » (Ice Thickness)

épaisseur et contenu thermique de la glace, flux océan-glace.

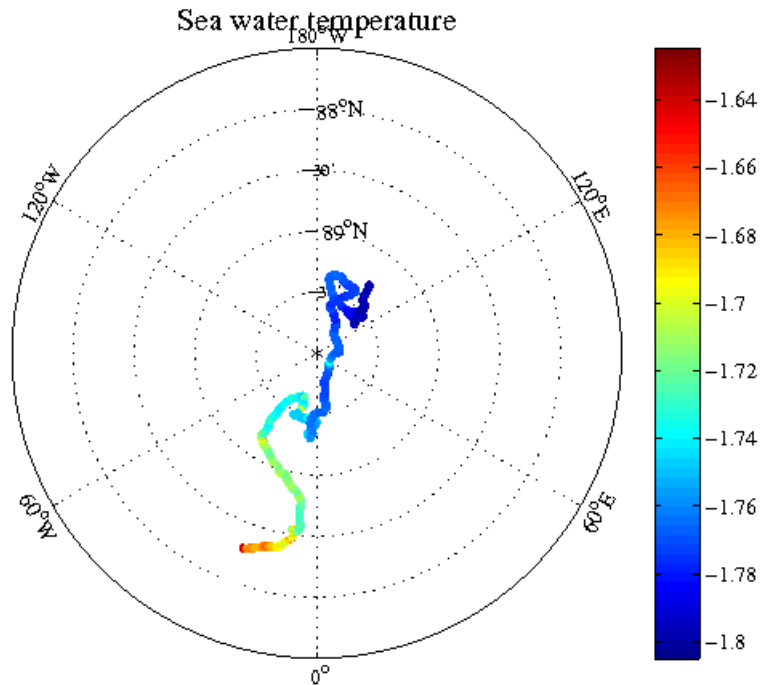
ICE-T FLOAT SCHEMATIC



- Développée au LOCEAN depuis 2005
- Instrument flottant, adapté à la glace fine ou épaisse. Autonomie: 1 an.
- Bouée de surface prise dans la glace:
 - Paramètres atmosphériques de base (Pa, Ta)
 - Position GPS (dérive de la glace)
 - Profils thermiques dans la neige et la glace
 - Transmission temps-réel (Iridium, mode duplex)
- « Poisson »: nacelle de subsurface (5m):
 - Tirant d'eau de la glace mesuré acoustiquement
 - Température et salinité de l'eau de mer
 - Courant relatif océan-glace (« courantomètre du pauvre »)

Déploiement d'Ice-T au NPEO (2011)

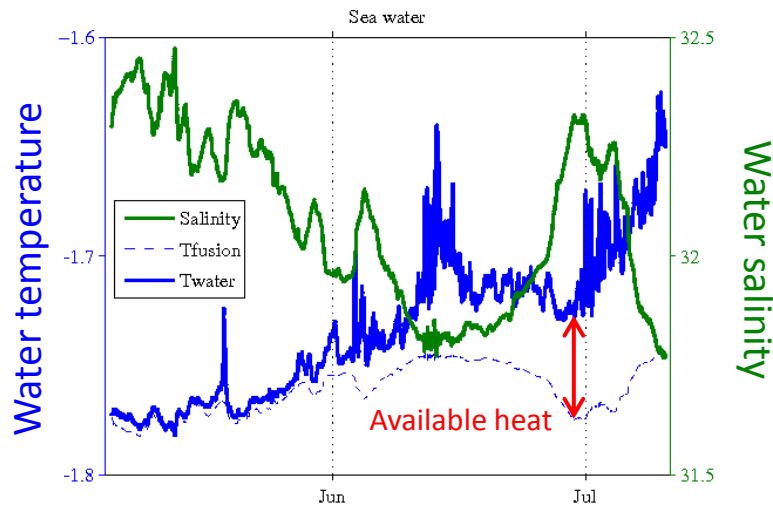
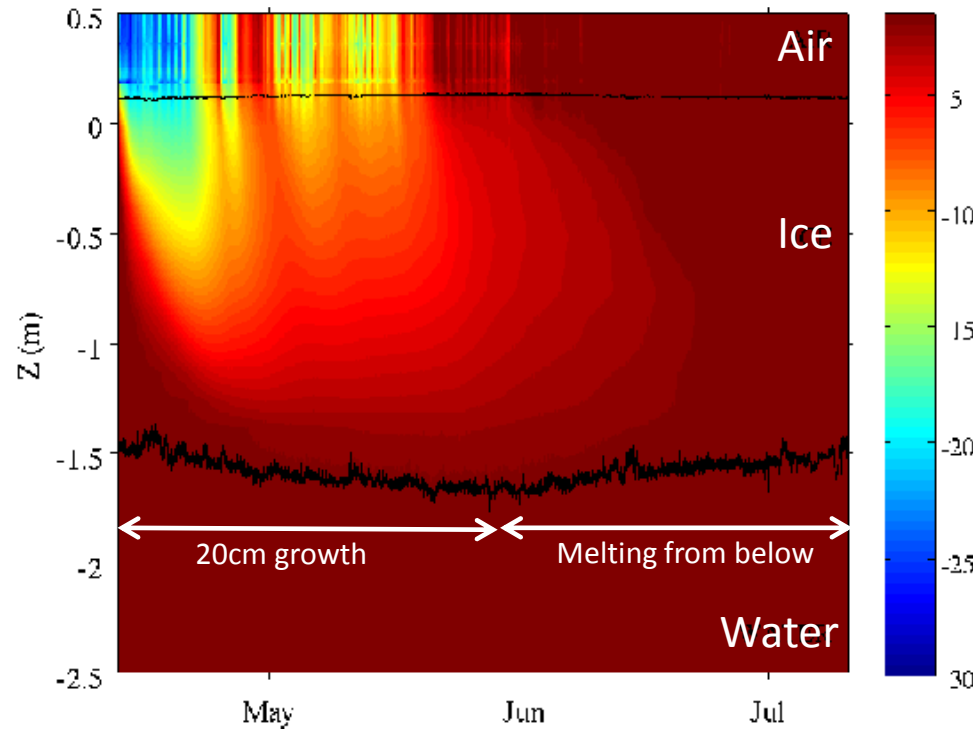
(North Pole Environmental Observatory; Morison et al, UW, Seattle)



- NPEO: déploiement récurrent d'un Ice Based Observatory chaque avril en arctique central, depuis 2000. programme NSF +Japon.
- Instruments complémentaires : Ice-T déployé à proximité d'un POPS (Polar Ocean Profiling System) du JAMSTEC, et au centre d'un réseau de bouée GPS de Univ. Alaska (déformation de la glace).
- Périphe de 600km (7km/jour). 8500 messages iridiums (3 mois de données toutes les 15 min). Destruction prématurée dans une crête de compression

NPEO 2011

Sea ice thickness and temperature



- Croissance de la glace: fin mai
- Fonte s'initie par la base, plusieurs semaines avant fonte en surface.
- **Salinité**: paramètre critique pour estimer le point de fusion, et donc la chaleur disponible depuis l'océan.
- Chaleur disponible pour la fonte à partir de juin (rayonnement solaire dans les leads)
- Salinité permet d'estimer le **flux de chaleur ocean-glace**:

$$F_w = c_h \cdot u_0 \cdot (T - T_f(S))$$
 connaissant le courant / glace.

Développement du module de mesure des flux atmosphériques (BEAR)

- Bilan d'énergie en surface: chaînon manquant du bilan de masse de glace
- BEAR : « Budget of Energy in Arctic Regions »:
 - Flux turbulent (sensible, latent)
 - Flux radiatifs (upward /downward, shortwave/longwave)
- Rester sur le concept d'une bouée légère et peu couteuse: court mât météo
- Défi technologique:
 - Ice-T peut embarquer une charge limitée
 - Les capteurs atmosphériques sont gourmands en énergie (chauffage contre le givrage).



Test of prototype Alpe d'Huez 2010 (Meteo France facility)



Frosting at Mont Aigoual 2011 (Meteo France facility)

Tests sur le terrain

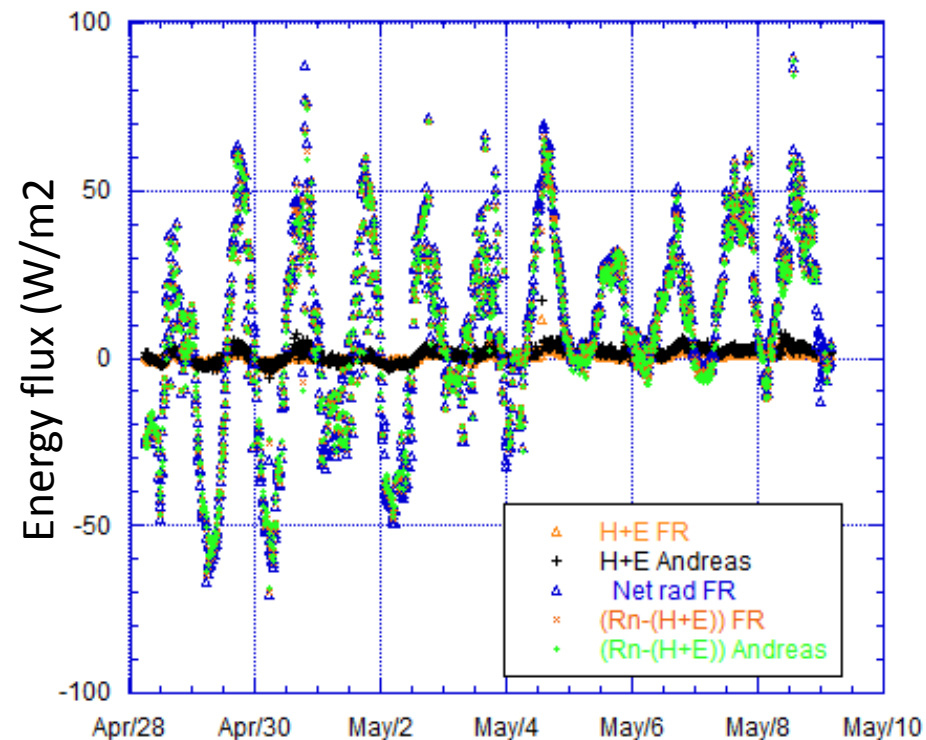
- Campagne à Ny-Alesund (Avril 2010)

Base polaire AWIPEV:

- Validation des mesures météo et radiatives par comparaison aux observations italiennes et allemandes
- Evaluation des méthodes bulk de calcul des flux turbulents (test de différentes paramétrisations)

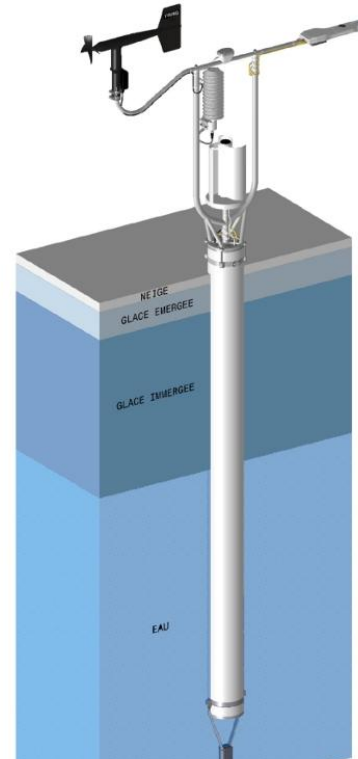
- 10 jours de données pendant la transition de printemps (avril-mai):

- **Très faibles flux turbulents**
- **Flux radiatifs dominant le bilan**
- Détermination de l'émissivité de surface.
- Incertitude de 30% sur les flux turbulents, inhérente à la méthode bulk (Weill et al , ISRN Meteorology 2012)

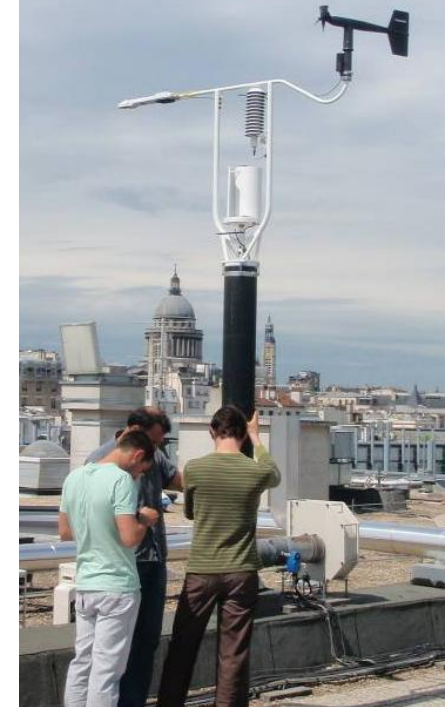


Ice-T rencontre BEAR

- Assemblage du système complet en mai 2011.
(une version plus grosse d'Ice-T, avec un plus grande réserve de flottabilité, a été développée)
- Test d'hivernage dans le Kongsfjord, Ny-Alesund, en Octobre 2011 (déploiement à la tombée de la nuit polaire, avant la formation de glace).
- Aucune glace ne s'est formée de tout l'hiver à Ny-Alesund!!
- Validation mécanique, électronique et software



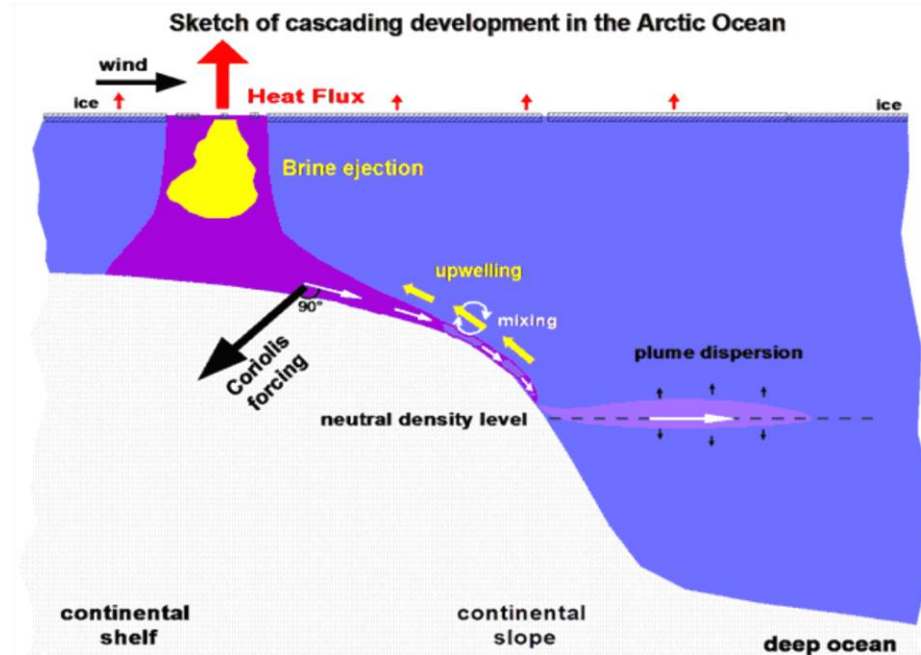
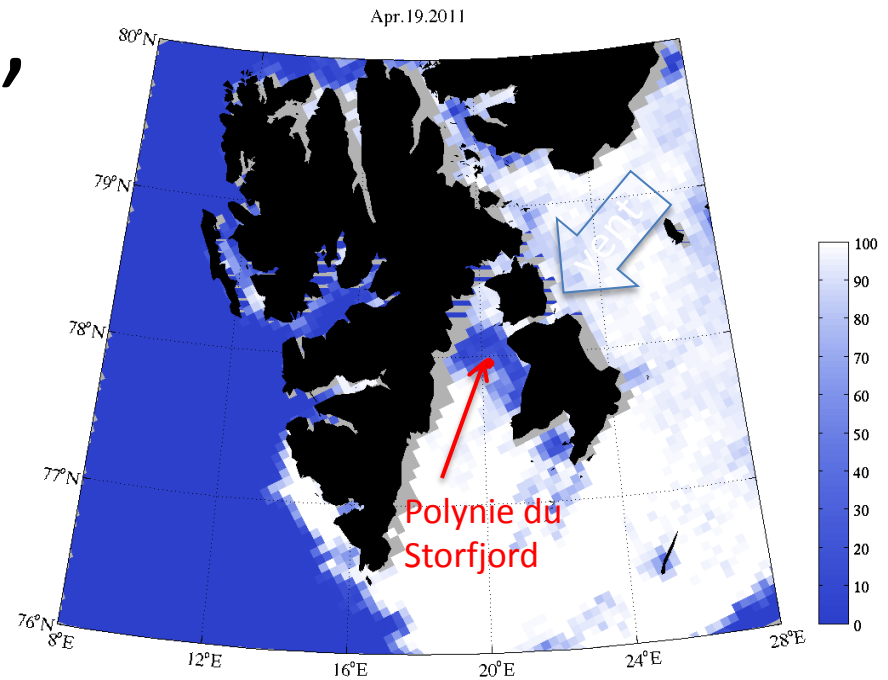
Ice-T+BEAR, Jussieu, mai 2011



Ny-Alesund, October 2011

Polynie du Storfjord, Svalbard

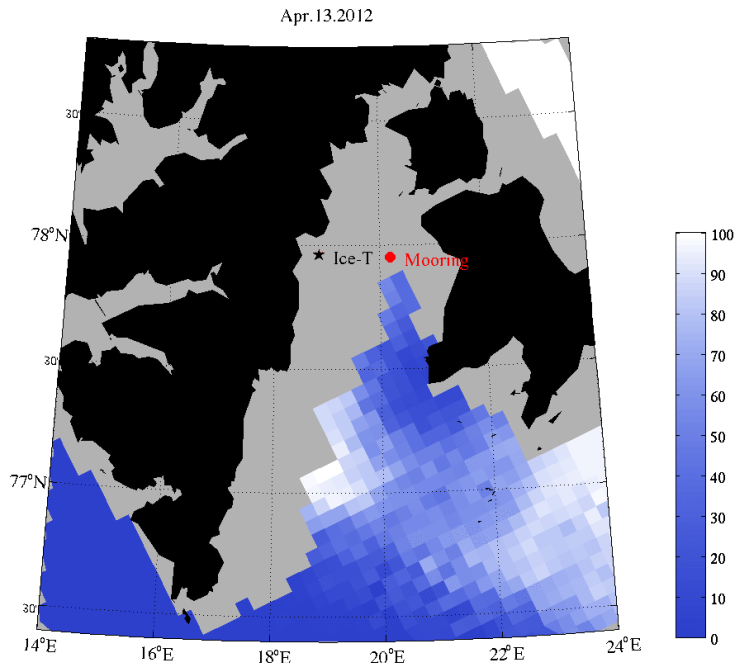
- « Usine à glace », où les vents chassent constamment la glace qui se forme.
- Formation d'eau dense par rejet de sel: région clé de « ventilation » de l'océan profond.
- Région laboratoire pour étudier un certain nombre de processus caractéristiques des polynies
 - bilan de production de glace et sa variabilité. Impact sur les propriétés des eaux denses.
 - Rôle du mélange océanique sur le bilan de masse de glace et sur le devenir des eaux denses.



Polynie du Storfjord

• Observations:

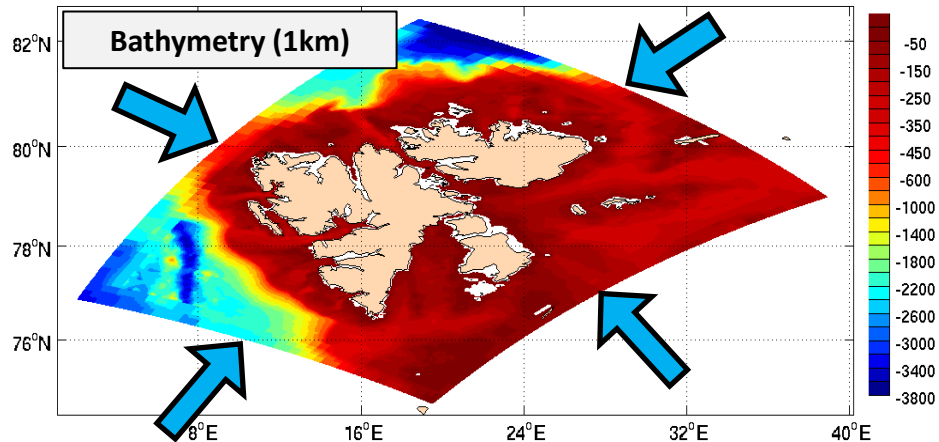
- Mouillage (CTD+ADCP) déployé en Aout 2011
- Doit être relevé et redéployé pour un an en Sept 2012.
- Phase hivernale: Bouée Ice-T déployée en Avril 2012.



• Modélisation régionale haute résolution:

- NEMO 3.4 (rel Feb 2012) couplé avec LIM3
- C. Rousset (postdoc) en coll avec groupe NEMO (G Madec et al)

- Period: 1999-2009
- Grid: 75 levels – 1/4° to 1km
- Bathy: etopo1
- Flux: ERA-interim then WRF
- Tides included
- BDY: DRAKKAR1/4° - 75 levels

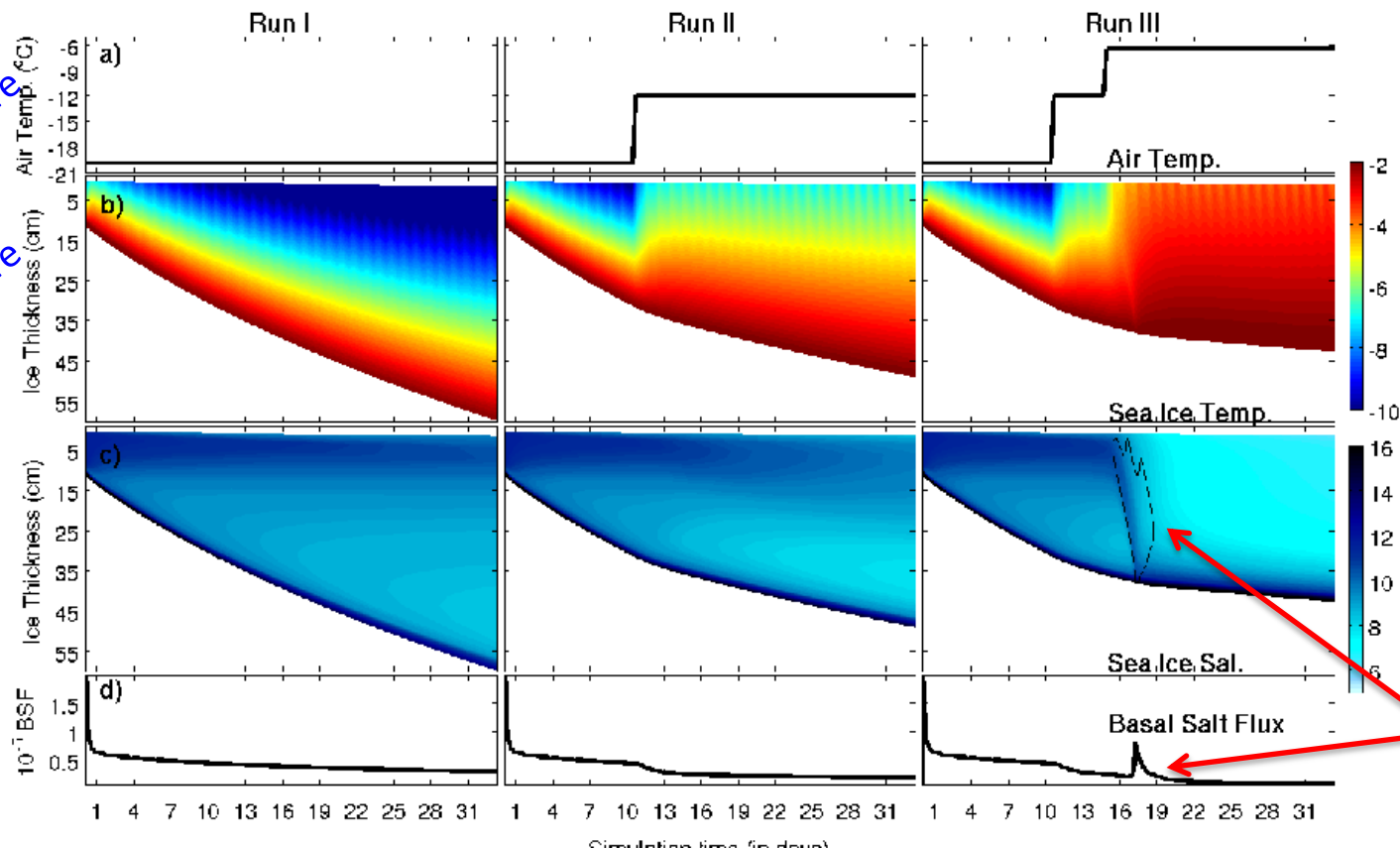


Etudes Scientifiques Valorisées

- Storfjord:
 - Caractérisation des ondes internes et du mélange induit (Jardon et al, JGR 2011)
 - Etude théorique sur la propagation des ondes internes au-delà de leur latitude critique (Winters et al JFM, 2011)
 - Variabilité de la production de glace et du rejet de sel à partir de 8 ans de données satellites AMSR-E (Jardon et al, JGR 2012, in rev)
- Bilan d'énergie en surface:
 - Weill et al (ISRN Meteorology, 2012, in press), Loisil et al. (La Météorologie 2011)
- Processus liés à la glace:
 - Interactions houle-glace: Montiel et al (IWWWFB, 2011)
 - Désalinisation abrupte de la glace de mer de première année (Jardon et al, JGR 2012, in rev).

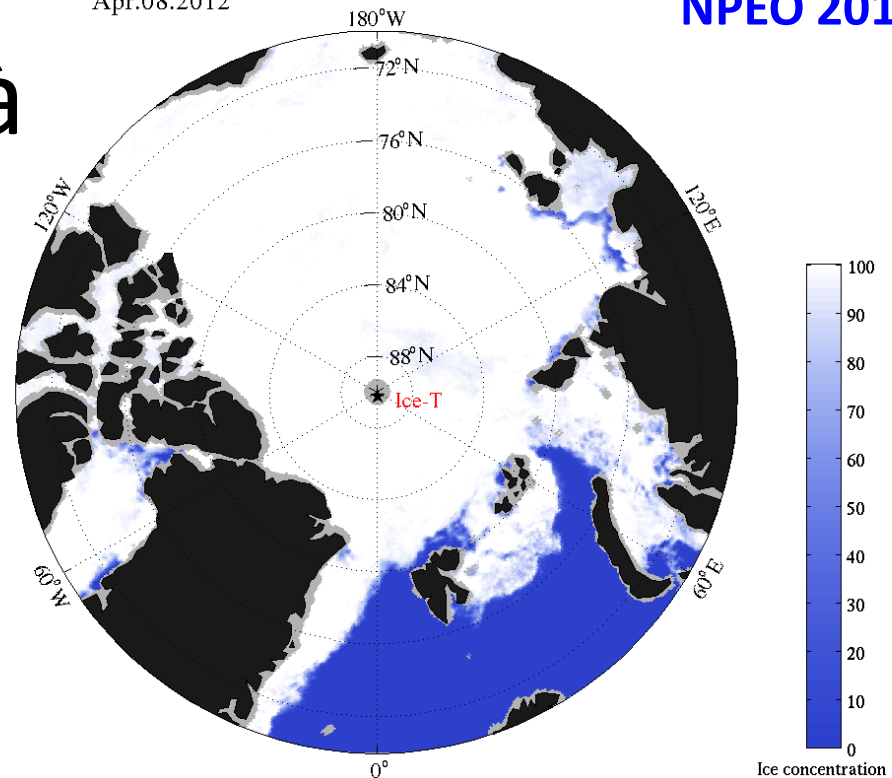
Episodes abrupts de désalinisation de la glace de mer « chaude »

- La glace doit être plus chaude qu'un seuil déterminé théoriquement (analyse du nombre de Ra poreux): convection des saumures dans la glace.
- Simulations avec modèle halo-thermodynamique LIM1D (Vancoppenolle et al)
- Observations d'un exemple possible de ce phénomène en 2007 au Storfjord.



Conclusion - Bilan à 30 mois (sur 48):

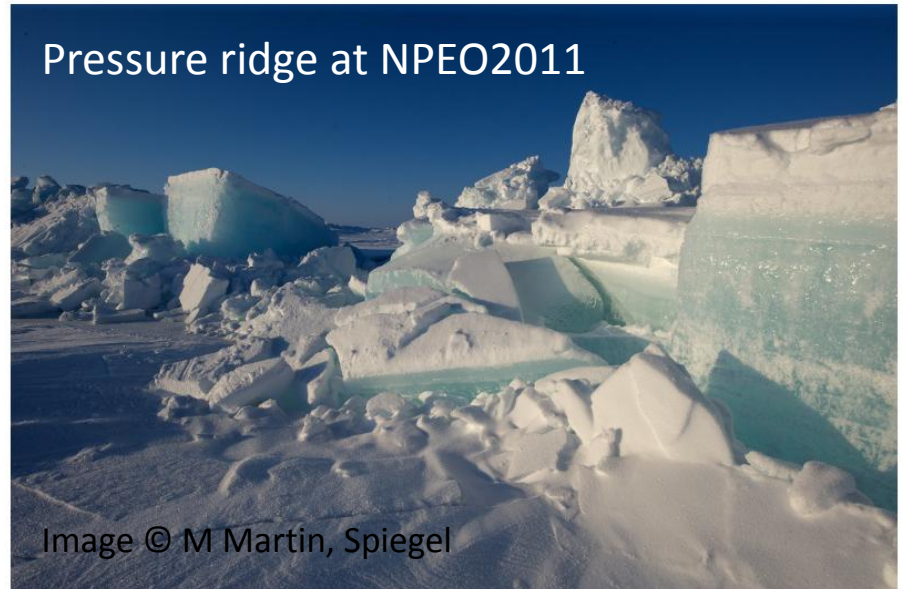
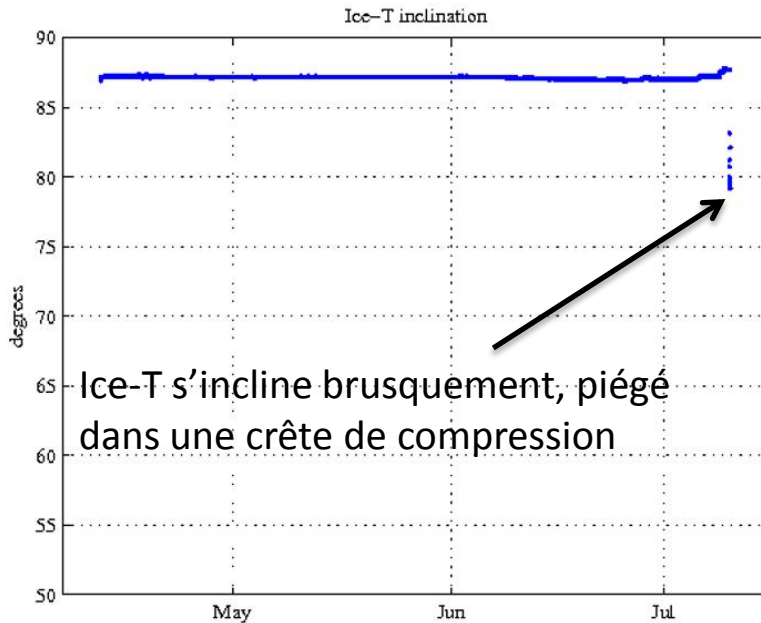
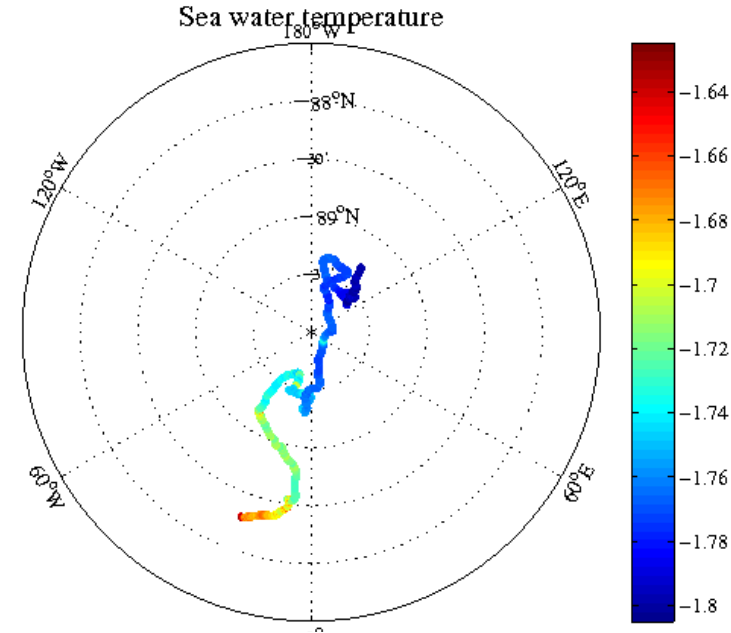
- Prototypes opérationnels:
 - Ice-T (mature, 8 exemplaires)
 - mât BEAR.
 - Bouée complète Ice-T+BEAR
- Campagnes polaires:
 - 2 campagnes au Pôle Nord dans le cadre du NPEO. Analyse en cours (collaboration USA +Japon).
 - Acquisition de données en cours dans la polynie du Storfjord (Mouillage + flotteurs)
- Etudes scientifiques valorisées (à ce jour): 7 publications à comité de lecture (dont 2 en révision).
- <http://optimism.locean-ipsl.upmc.fr>



Extra slides

Déploiement d' Ice-T au NPEO

- Périples de 600km à la vitesse moyenne de 7km/jour. Passage à 14km du Pôle Nord.
- Destruction prématurée dans une crête de compression (glace particulièrement mobile)
- Mais une mine de d'observations:
 - 3 mois de données toutes les 15 mn. (8500 messages iridiums)
 - Variabilité haute-fréquence de T et S enregistrée durant la période de fonte (percolation).



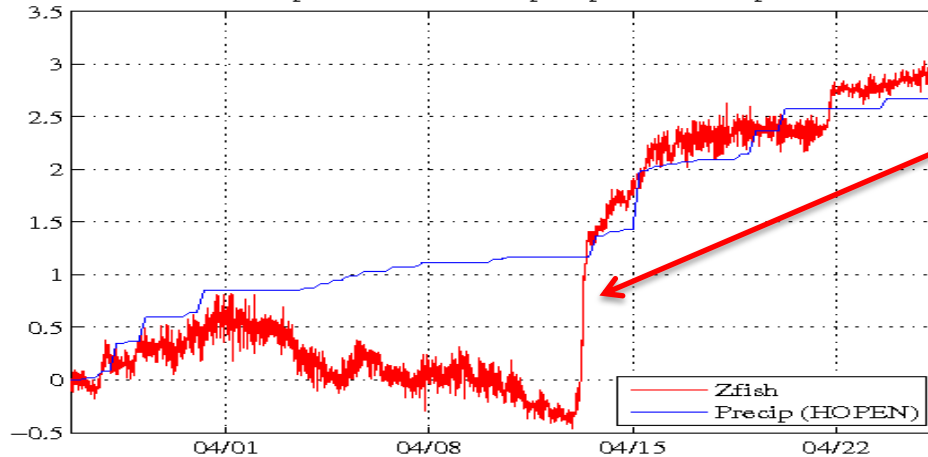
Charge neigeuse: un paramètre critique pour la mesure d'épaisseur de glace par satellite.

Qu'apporte Ice-T?



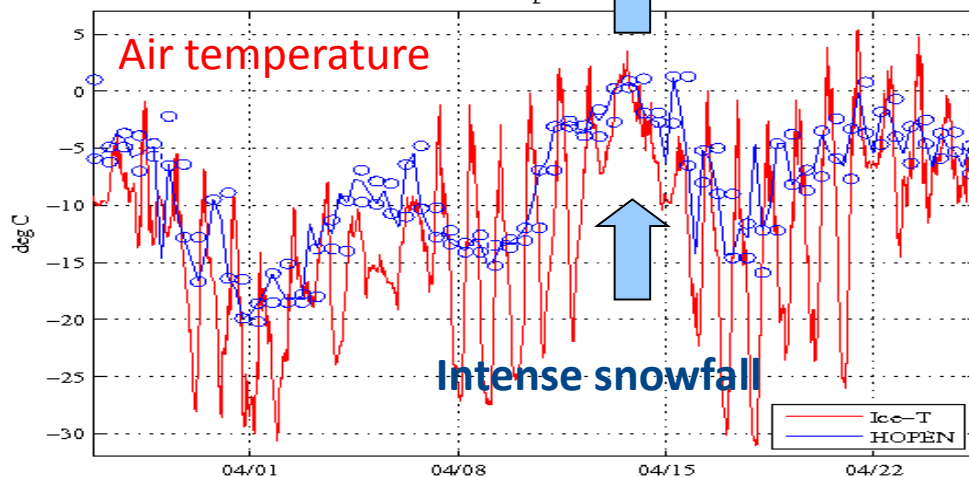
Exemple de données au Svalbard:

fish depth, and cumulated precipitation at Hopen

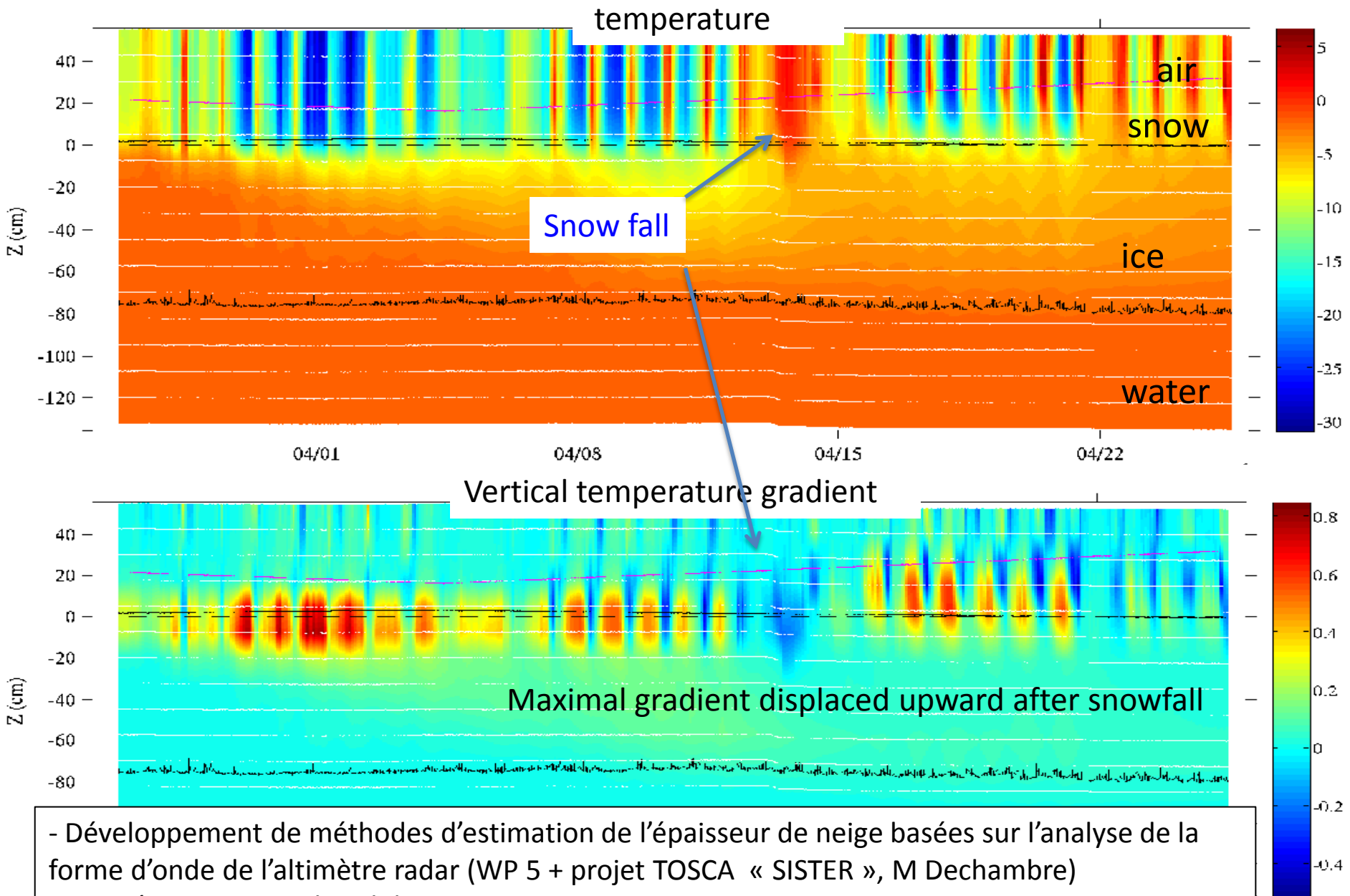


- Chutes de neige importantes détectables dans les mesures de pression hydrostatique.
- Ce signal peut être difficile à distinguer des variations d'épaisseurs de glace lors de variations moins abruptes
- D'autres capteurs peuvent être utilisés...

Air temperature



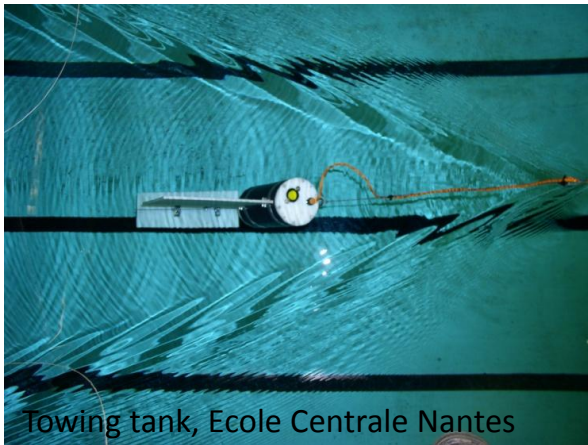
Discrimination des couches de neige/glace



- Développement de méthodes d'estimation de l'épaisseur de neige basées sur l'analyse de la forme d'onde de l'altimètre radar (WP 5 + projet TOSCA « SISTER », M Dechambre)
- Données Ice-T pour la validation

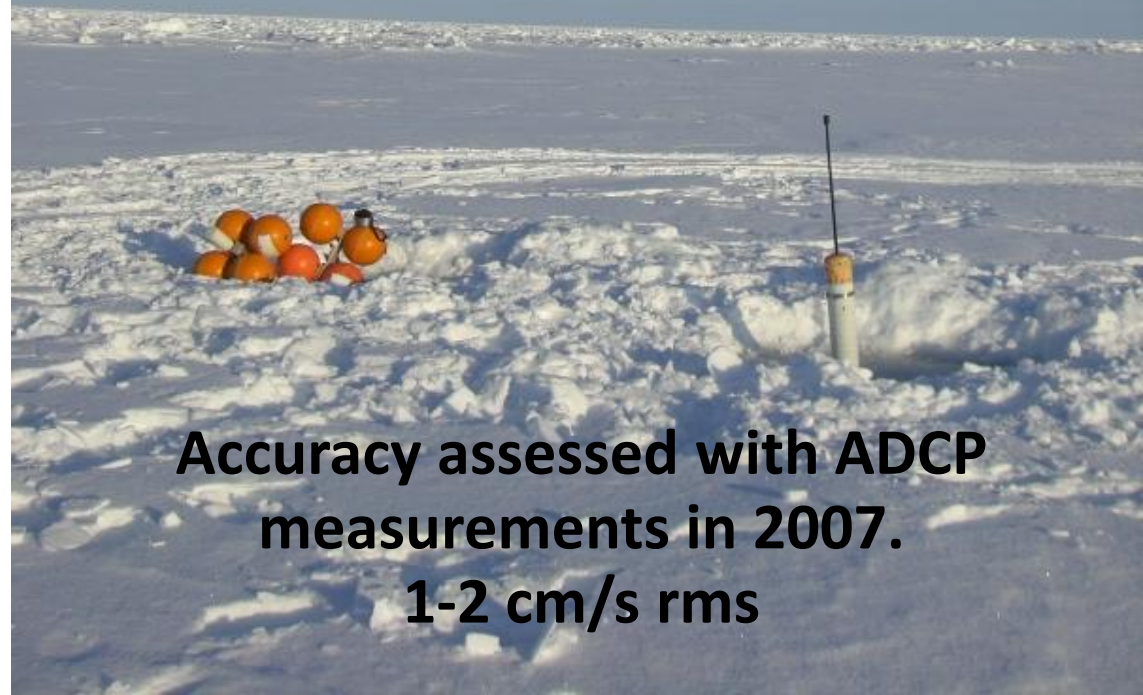
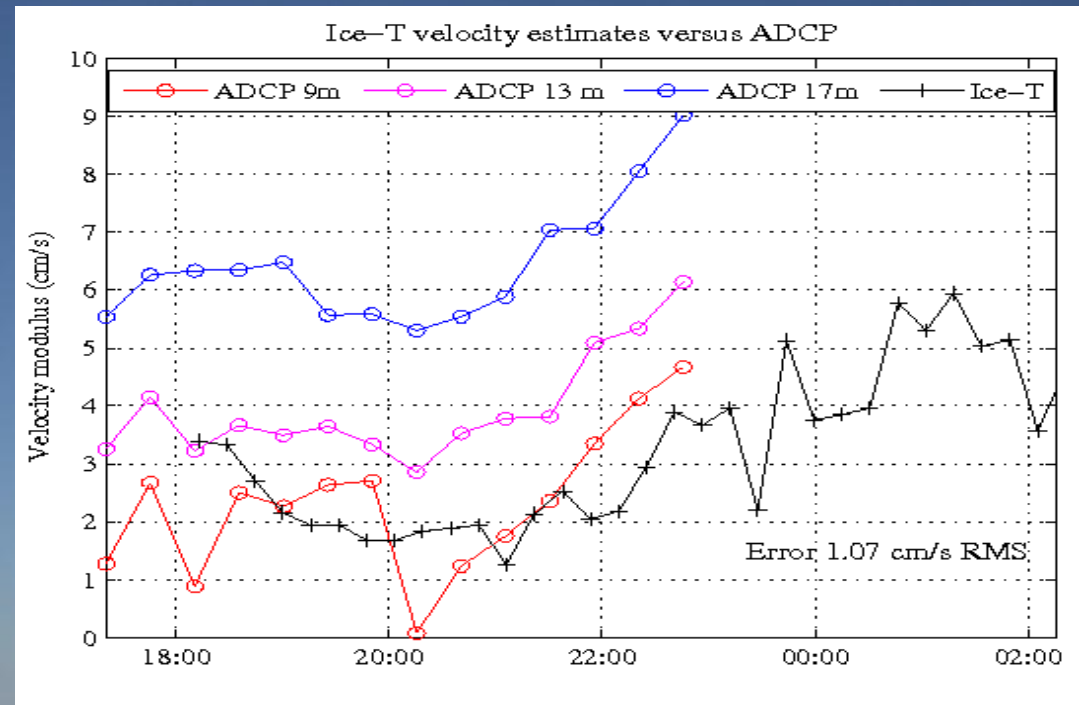
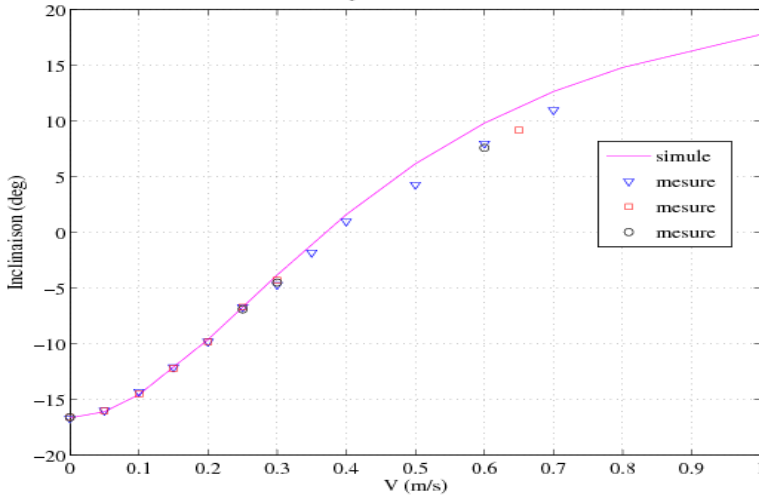
Water velocity relative to the ice

The poor man's currentmeter:
Velocity estimated from the tilt of the fish subjected to drag/lift forces



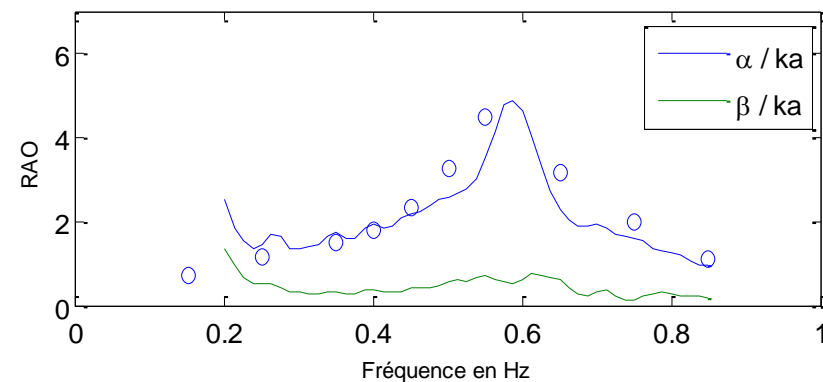
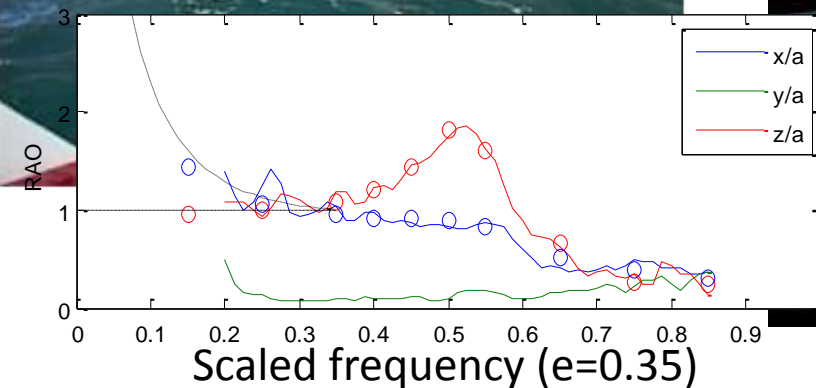
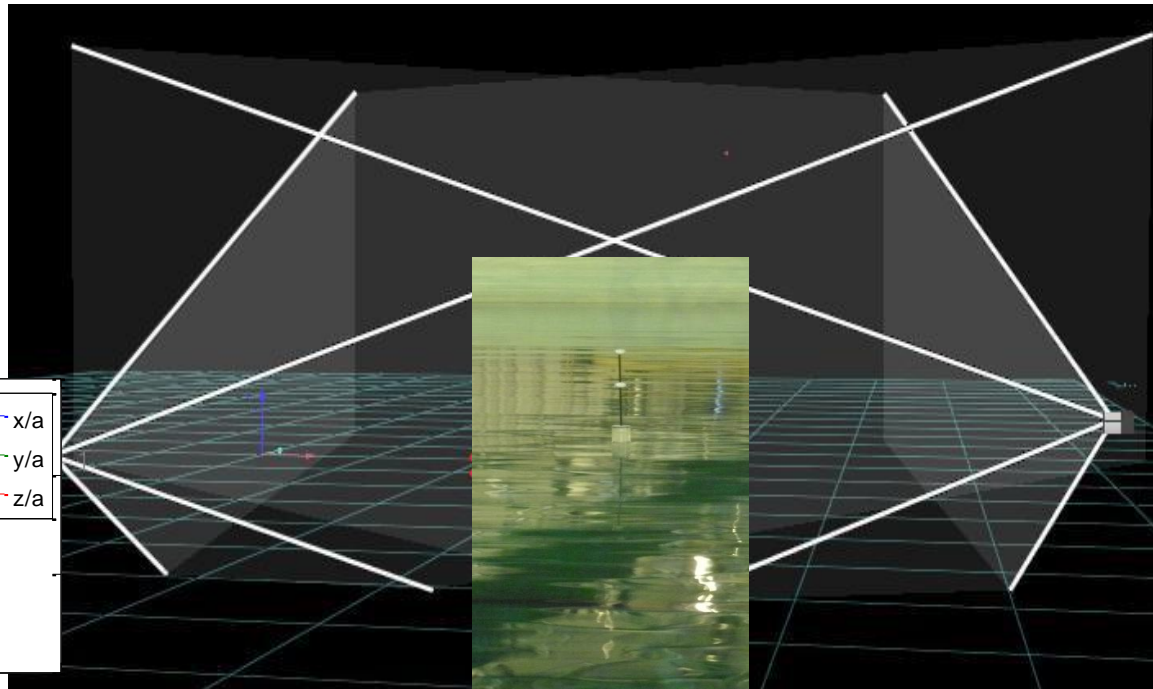
Towing tank, Ecole Centrale Nantes

Inclinaison du poisson en fonction du courant



**Accuracy assessed with ADCP
measurements in 2007.
1-2 cm/s rms**

Response of the buoy to surface gravity waves



- Dynamical stability of the buoy : relevant for a deployment in partial ice cover (eg polynya).
- Tests in wavetank at ECN facilities.
- Resonance for short waves (period 3s) otherwise follows the waves (RAO=1).
- Further interest for collecting wave spectra in the presence of ice (observations are few).