



# Développements technologiques BGC-Argo

## E. Leymarie, C. Marec

C. Penkerc'h, J. Lagunas, A. Poteau, E. Rehm, V. Taillandier,  
M. Babin, F. D'Ortenzio, H. Claustre

## **Tâche 2.4 : *Disposer d'un flotteur souple et « intelligent »***

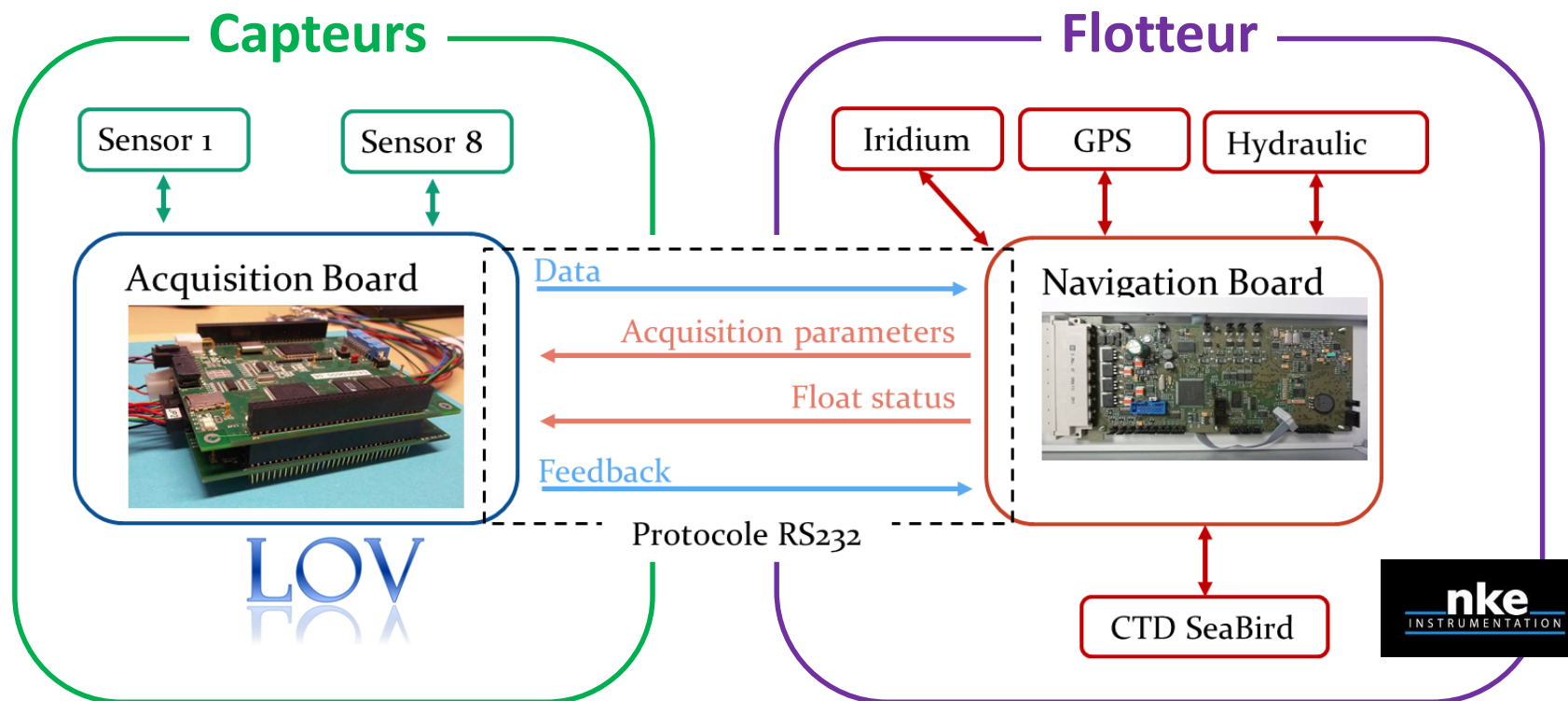
*Architecturer le système vecteur-mesure pour faciliter l'accueil de nouveaux capteurs et adapter le comportement du vecteur à la mesure*

## **Tâche 2.6 : Disposer d'un profileur opérable dans les régions arctiques**

*Etudier et concevoir des systèmes de détection de glace de mer et utiliser la tâche 2.4 pour adapter le comportement du vecteur à la présence éventuelle de glace.*

# Solution Technique

→ Stratégie à deux cartes électroniques alliant flexibilité et sécurité



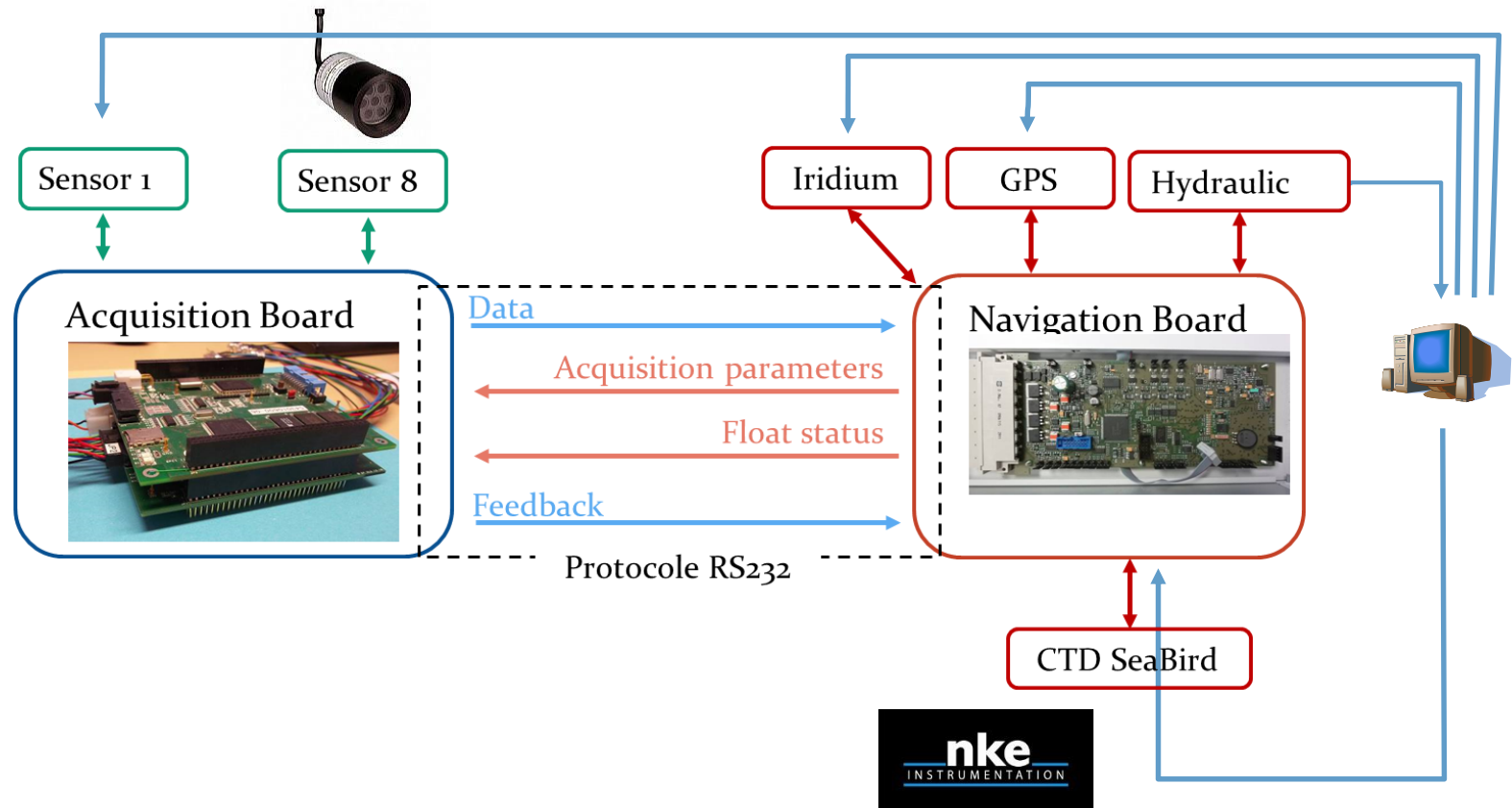
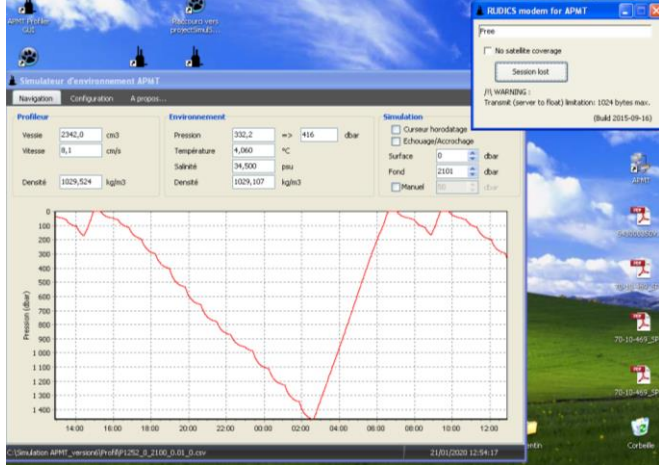
**Modifiable par le LOV = Flexibilité**

**Stable = Sécurité**

Collaboration LOV - NKE

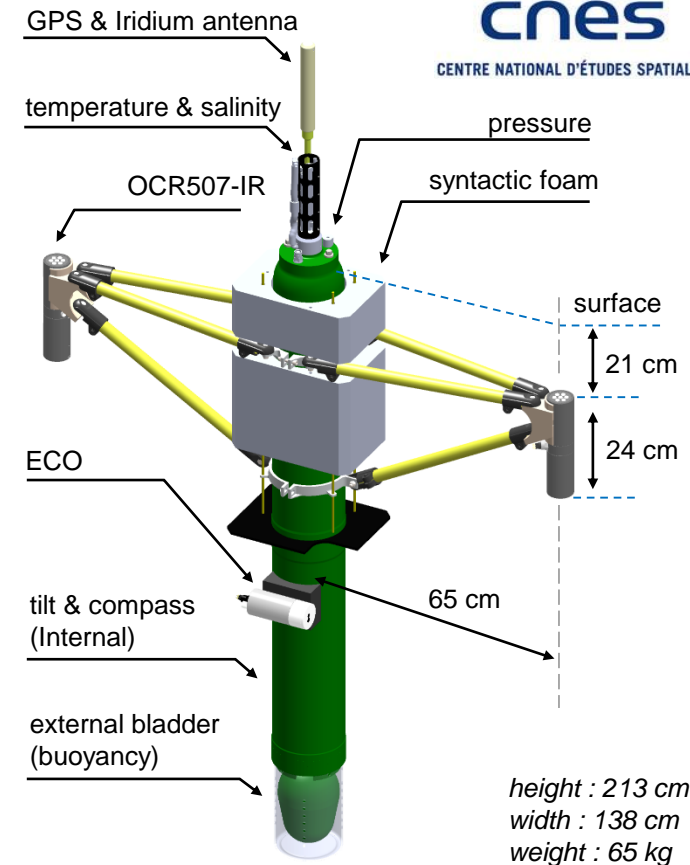
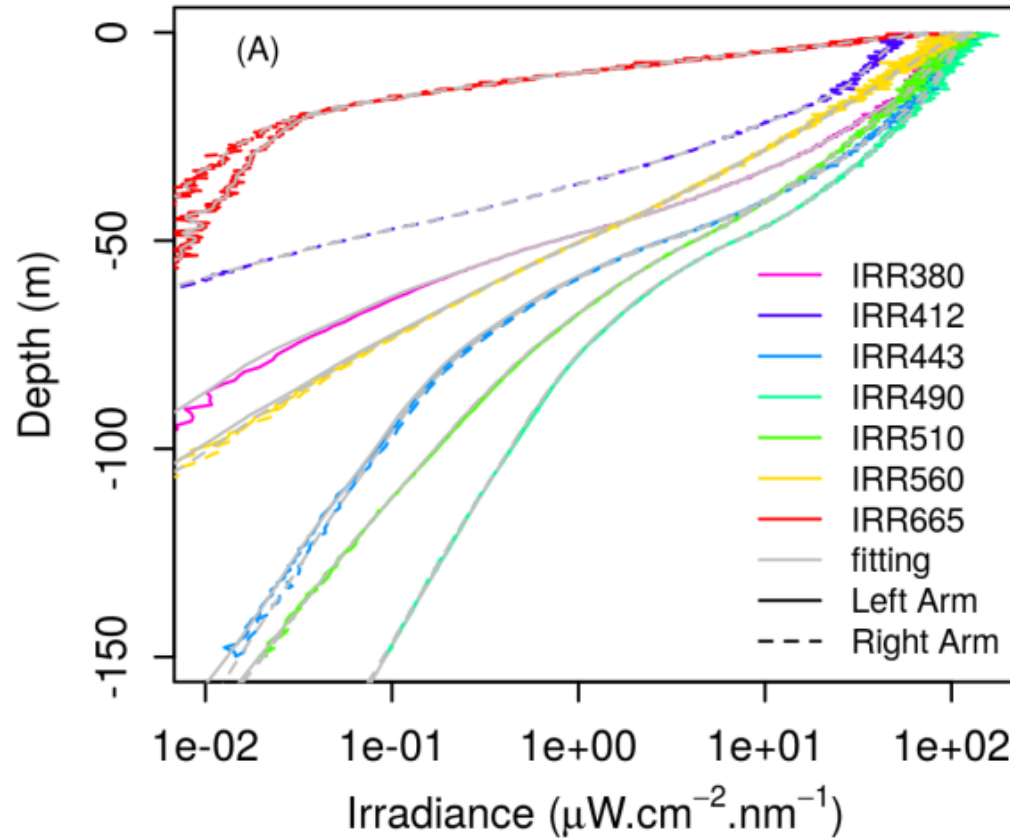
# Solution Technique

→ Moyen de test en laboratoire pour valider les solutions logicielles



# ProVal: A new float for radiometric measurements

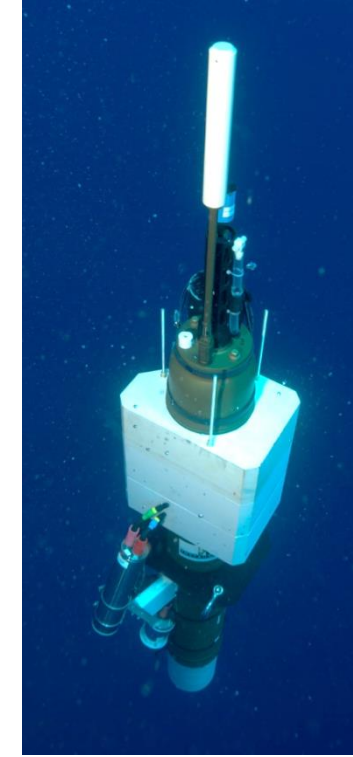
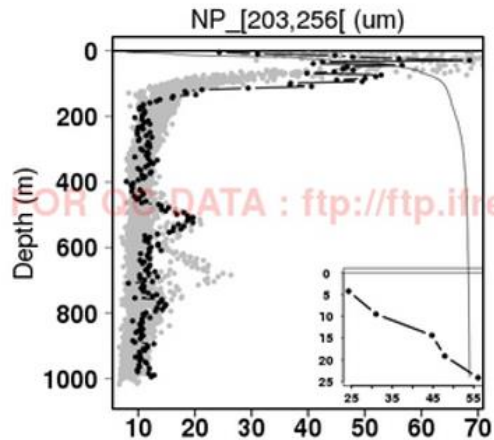
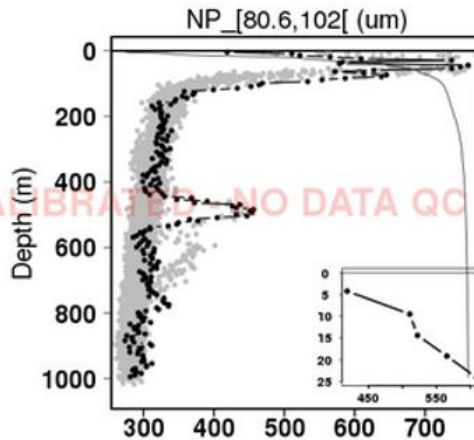
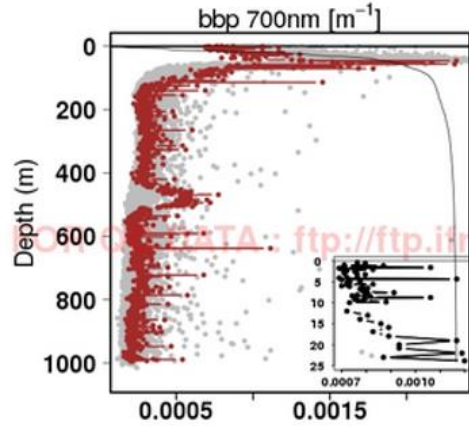
- ✓ Irradiance ( $E_d$ ) and radiance ( $L_u$ ) at 7 wavelength [380 - 665 nm]
- ✓ Tilt and compass sensors
- ✓ Chla, backscattering, CDOM, CTD



# UVP6-LP : Miniaturized Under Vision Profiler

Low power, image based, particle size counter (18 size class, 64 to 4100  $\mu\text{m}$ )

Sensor developed at LOV M. Picheral *et al.*

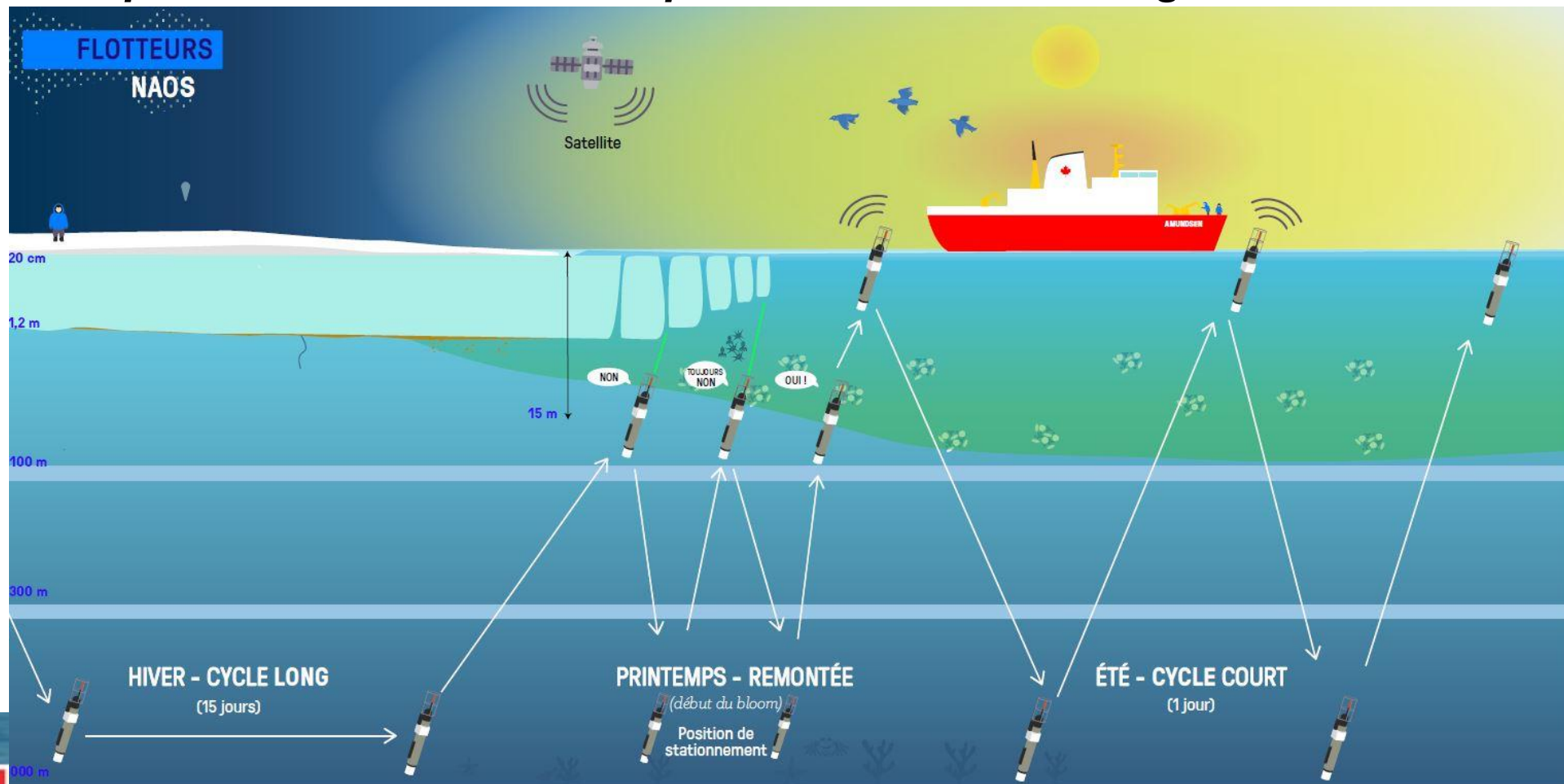


Projet GOPPI



## Tâche 2.6 : Disposer d'un profileur opérable dans les régions arctiques

*Etudier et concevoir des systèmes de détection de glace de mer et utiliser la tâche 2.4 pour adapter le comportement du vecteur à la présence éventuelle de glace.*

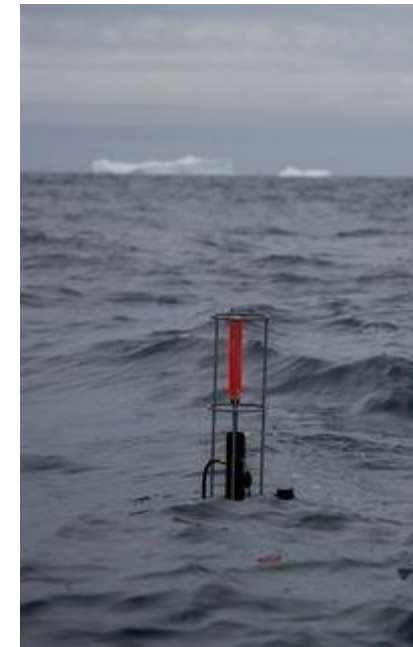
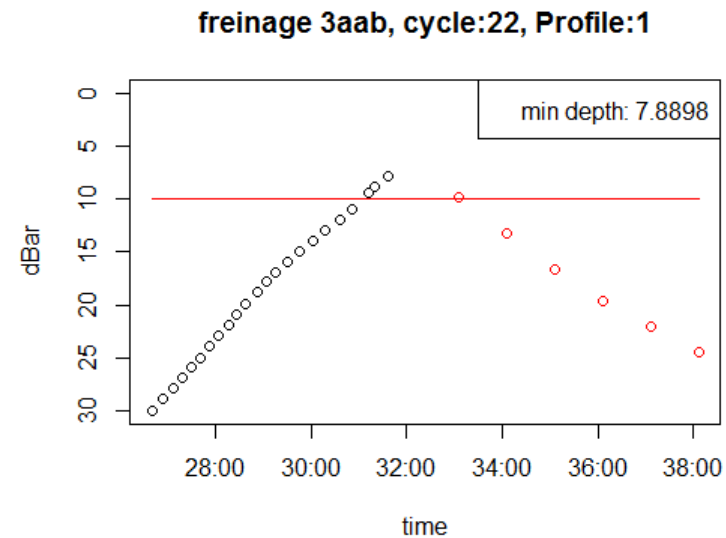


Crédit J.Sansoulet

## Tâche 2.6 : Disposer d'un profileur opérable dans les régions arctiques

*Etudier et concevoir des systèmes de détection de glace de mer et utiliser la tâche 2.4 pour adapter le comportement du vecteur à la présence éventuelle de glace.*

- Algorithmes de détection de glace
  - Température (ISA)
  - Altimètre
  - Date
- Freinage du Flotteur
- Pilotage sous glace



Crédit P. Bourguain

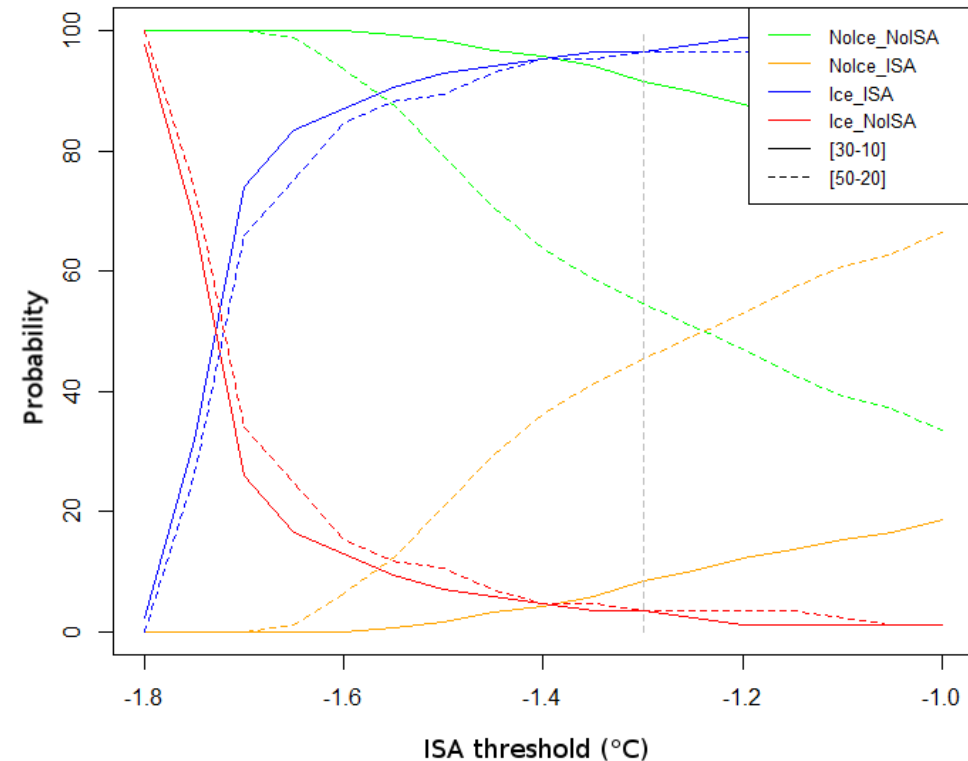
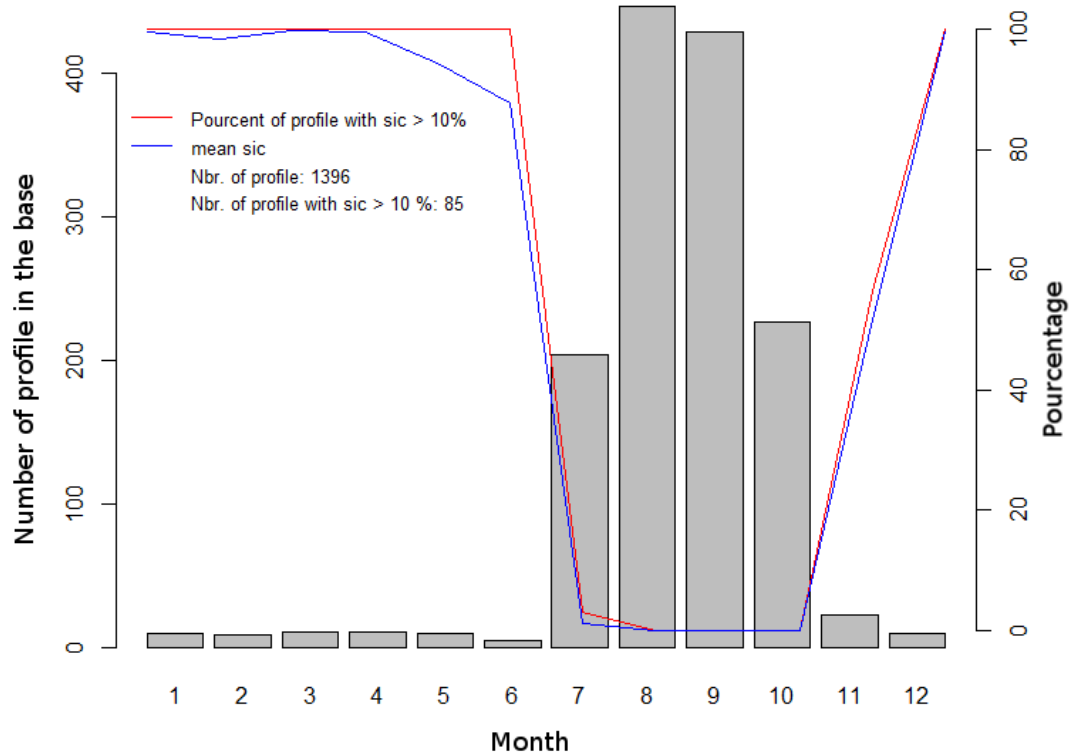




# Algorithmes de détection de glace

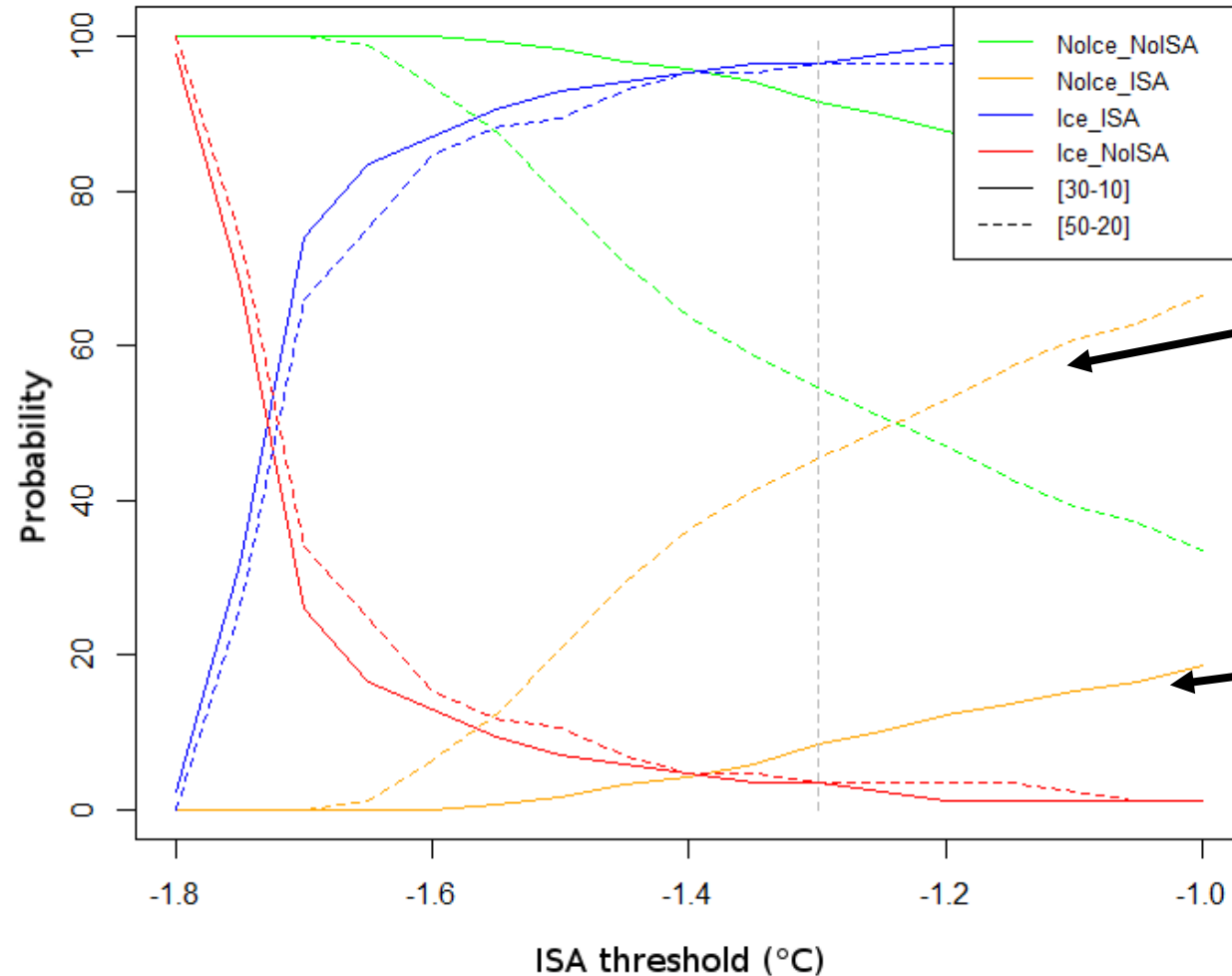
## ➤ Température (ISA)

1. Création d'une base de données historique CTD / couverture de glace (Satellite)
2. Incorporation progressive des données flotteurs
3. Détermination d'un loi de probabilité présence de glace vs température médiane

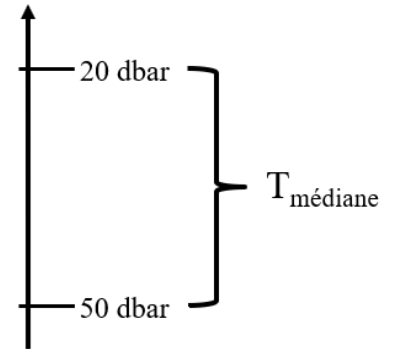


# Algorithmes de détection de glace

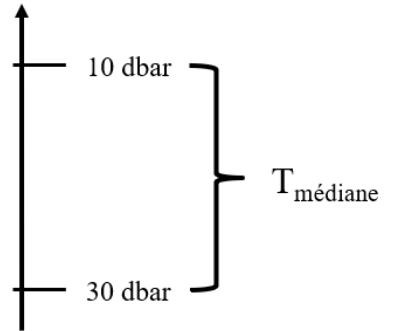
## ➤ Température (ISA)



Klatt et al. Weddell



Baie de Baffin



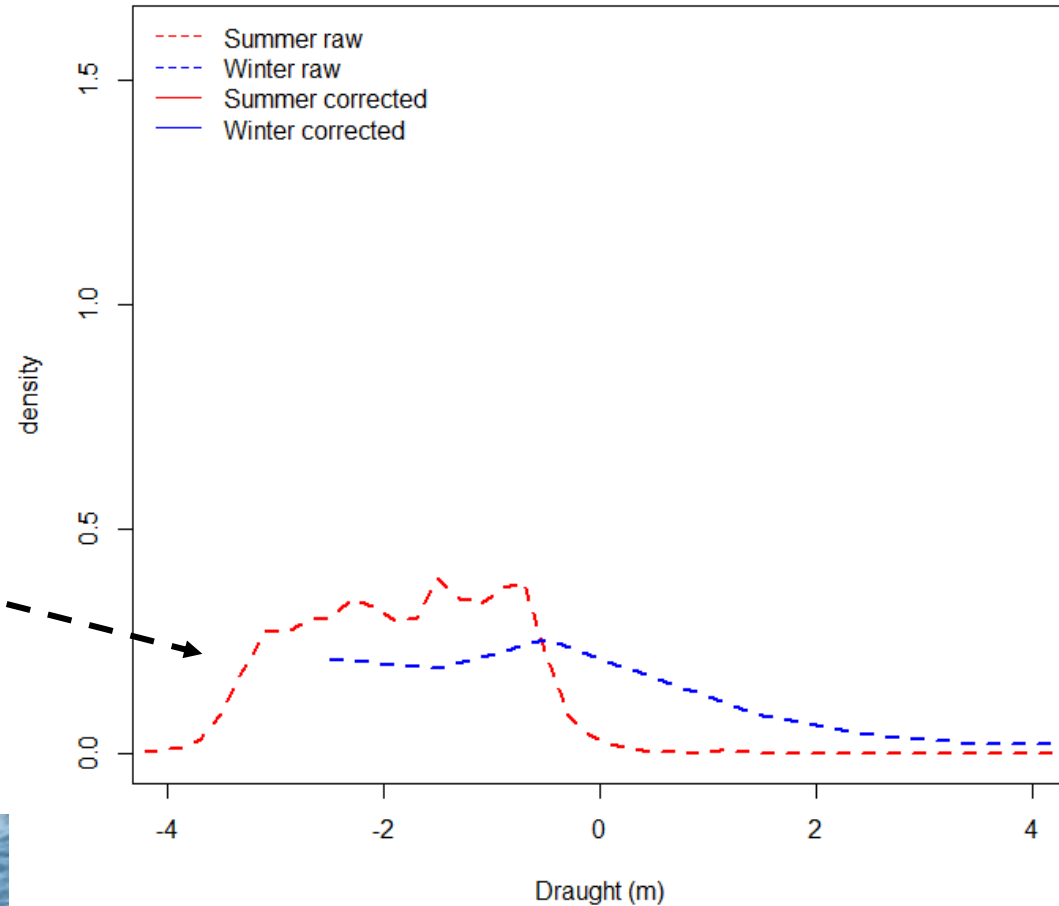
# Algorithmes de détection de glace

## ➤ Altimètre

comparaison entre la profondeur et la distance mesurée

$$\text{Draught} = \text{Depth} - \text{Distance (m)}$$

Distance brute mesurée par l'altimètre



# Algorithmes de détection de glace

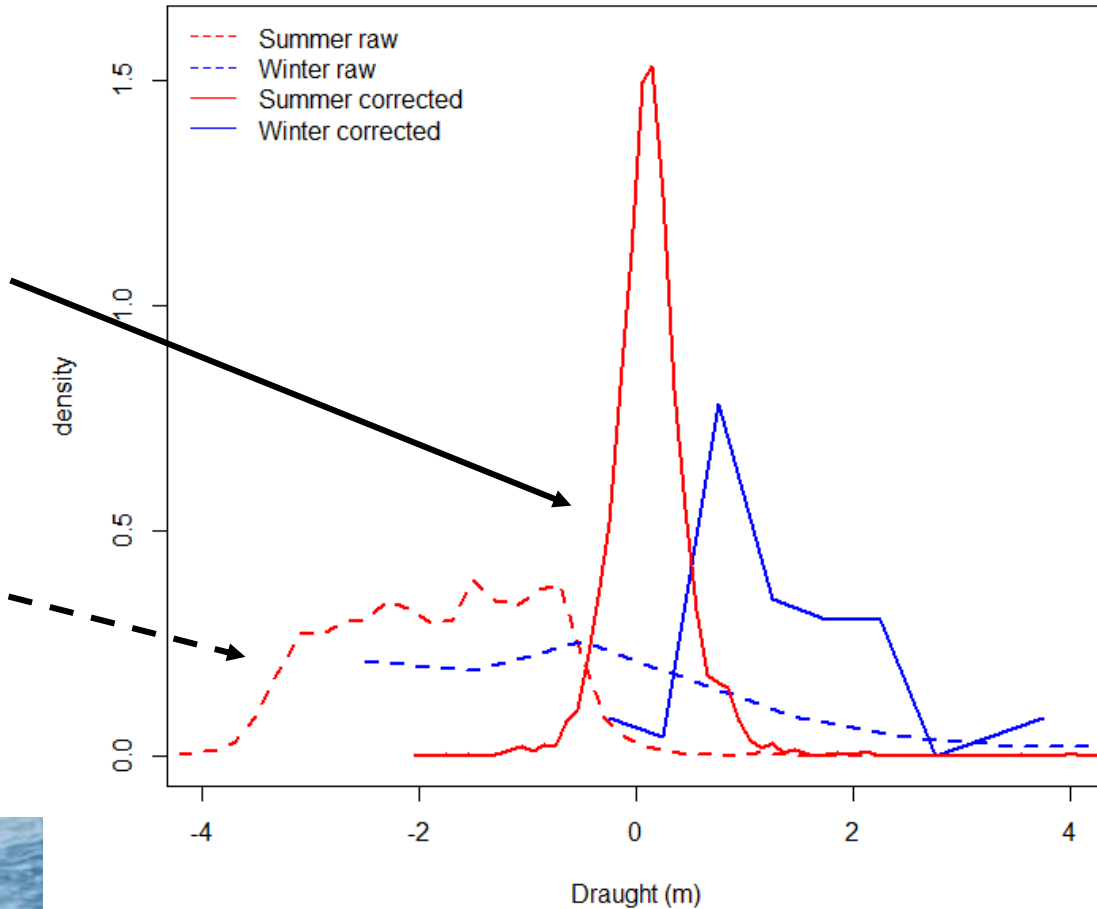
## ➤ Altimètre

comparaison entre la profondeur et la distance mesurée

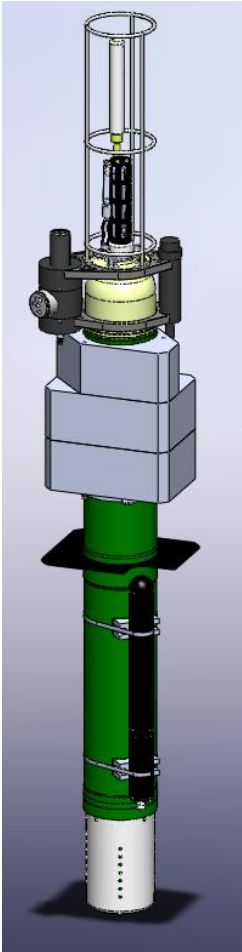
$$\text{Draught} = \text{Depth} - \text{Distance (m)}$$

Distance corrigée de la vitesse du son

Distance brute mesurée par l'altimètre

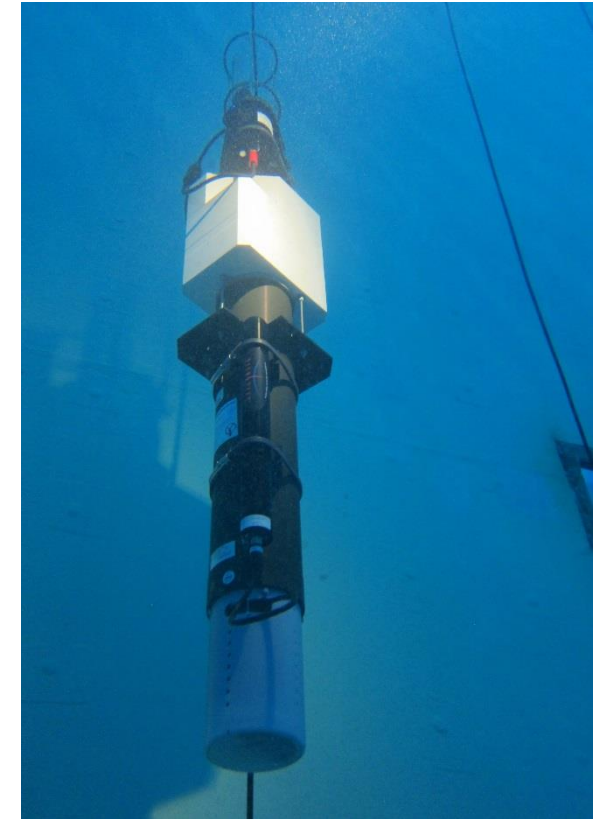


# Pro-Ice: flotteur BGC en Baie de Baffin



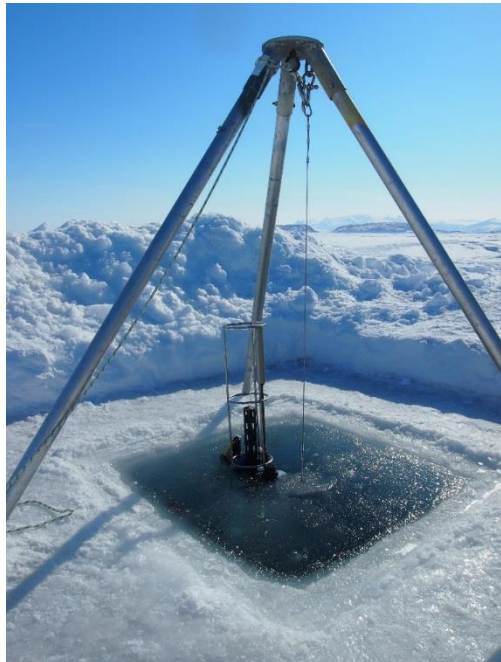
Pro-Ice: flotteur équipé de capteurs BGC

- oxygène dissous (optode)
- radiomètres ( Ed 380, 412 and 490nm + PAR)
- Fluorescence-chla,
- Fluorescence-CDOM (Colored Dissolved Organic Matter)
- Charge particulaire
- Nitrates (suna)



# Validation du vecteur et des capteurs au froid

Liens étroits avec WP2.6: collecte données CTD pour algorithme ISA, validation au froid des capteurs et du flotteur,



Test d'un PRO-ICE sur le camp de glace GreenEdge Qikiqtarjuaq, Nunavut

## Déploiement :

- Eau de mer
- Mode captif (entre 0-80m)

## Environnement

- Temperature de l'eau de mer :  $-1.7^{\circ}$  C
- Temperature de l'air:  $-20$  to  $-30^{\circ}$  C
- Epaisseur de neige : 40 cm
- Epaisseur de banquise : 110 cm
- bathymétrie : 360 m



Crédit photos: C.Marec

# Système de détection de glace par polarimétrie laser

Hors financement NAOS

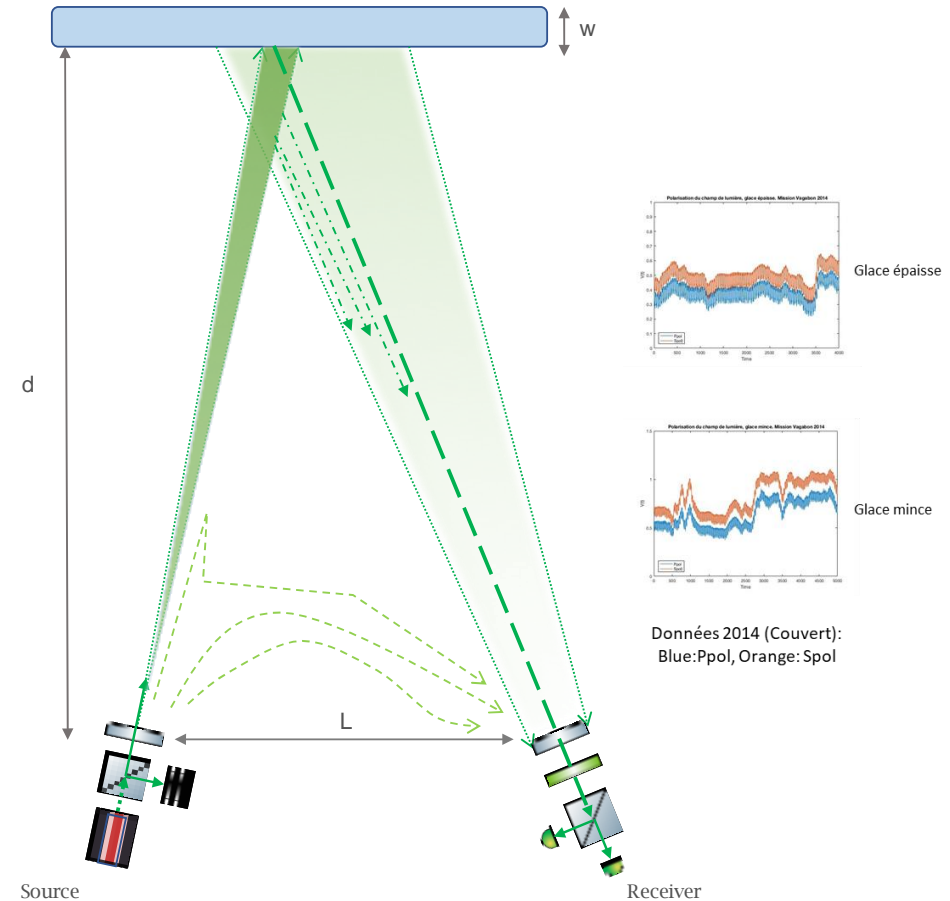
Source: Laser continu à polarisation linéaire

Récepteur: calcule le ratio de dépolarisation  $p/s$  à la sortie d'un séparateur de faisceaux. P:parallèle, S:perpendiculaire

$0 < p/s \leq 1$ , présence de glace



- ✓ Financement: CNRS: défi instrumentation aux limites 2015
- ✓ Déployé sur un CTS5-Prolce durant Green Edge en 2016 (flotteur perdu)
- ✓ Publication: SPIE 2018
- ✓ PI: Enveloppe Soleau, 2016



J.Lagunas

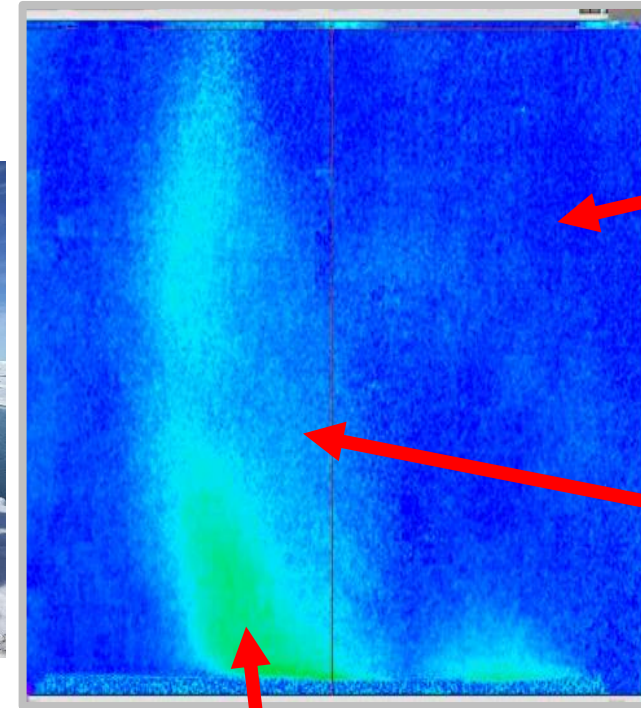


# Détection de glace imagerie polarimétrique

Hors financement NAOS

## Segmentation et classification de l'interface glace-mare de fonte-eau par imagerie polarimétrique

- ✓ Même principe, porté de 1 à 500k pixels
  - ✓ Utilise le degré de polarisation linéaire (Dolp)
  - ✓ Objectif: Moindre volume et coût, plus d'information
  - ✓ Déployé en 2018 en Baie de Baffin
  - ✓ PI: 2 Enveloppes Soleau, 2019
  - ✓ \* PI: Enveloppe Soleau, 2019
- Système d'absorption, contention et mesure du débit volumique des fuites et déversements à l'intérieur de flotteurs



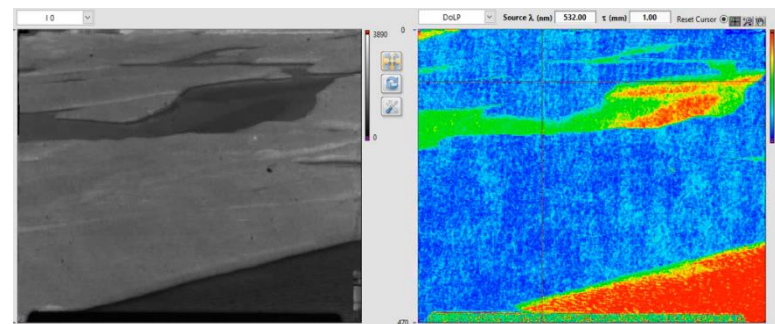
Glace de mer  
Dolp: 5%

Mare de fonte  
Dolp: 15-30%

Eau libre  
Dolp: > 50%

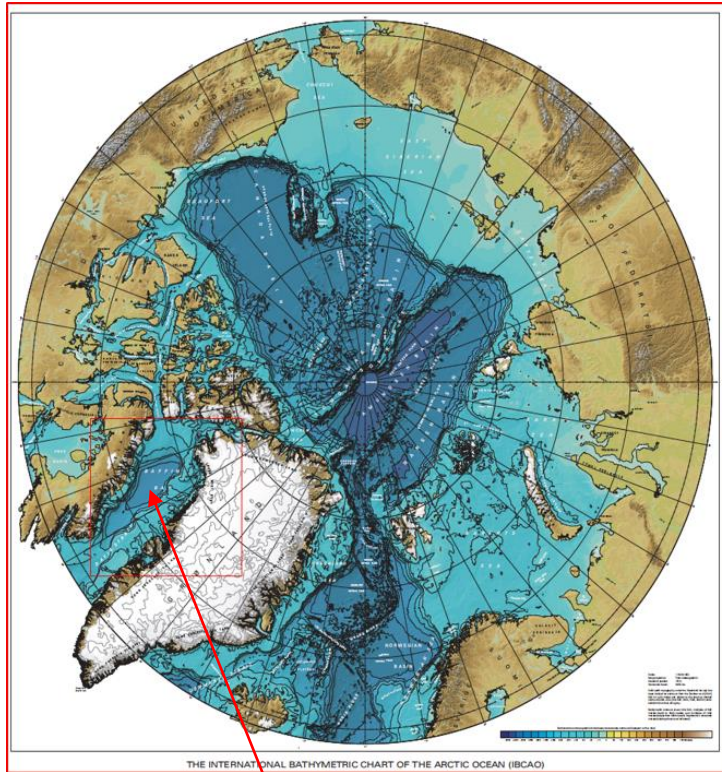
Banquise: dolp  
(eau libre, mare de fonte,  
glace de mer)

## Classification de l'interface air-neige-glace-eau pour des applications aériennes

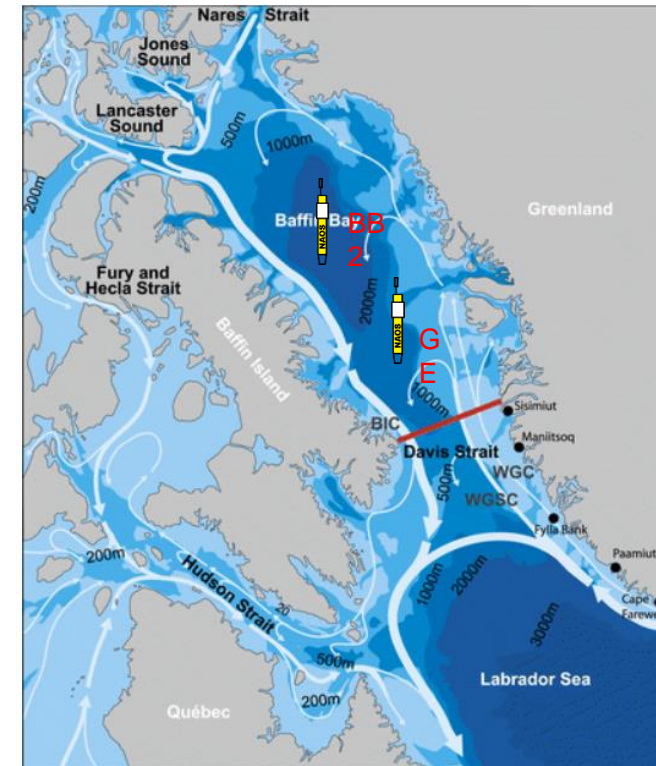




# Pro-Ice: flotteur BGC en Baie de Baffin



Zone d'étude Baie de Baffin



Circulation en Baie de Baffin  
(Curry et al., 2014)

# Pro-Ice: Bilan à ce jour des déploiements en Baie de Baffin

	Nb Float	Nb jour min	Nb Jour Max	Nb profils min	Nb profils max	comment	
2016	4	114	114	98	99	4 perdus durant hiver 2016/17	
2017	7	9	736	10	185	3 perdus (2 identifiés échouage) 4 en nav. hivernale 2017/18	→ 1 en 2ième nav. hivernale 2018/19 → 2 récupérés été 2018 → 1 perdu durant hiver 2017/18
2018	2	318	452	133	186	2 nav. hivernale 2018/19	→ 1 récupéré oct. 2019 → 1 retour surface (mai 2019) détruit
2019	2	47	427*	8	187*	1 entrée d'eau 1 nav. hivernale 2019/20 *toujours actif (au 13/9/20)	→ récupéré oct. 2019 → récupération prévue Octobre 2020
2020						Déploiements reportés (COVID)	

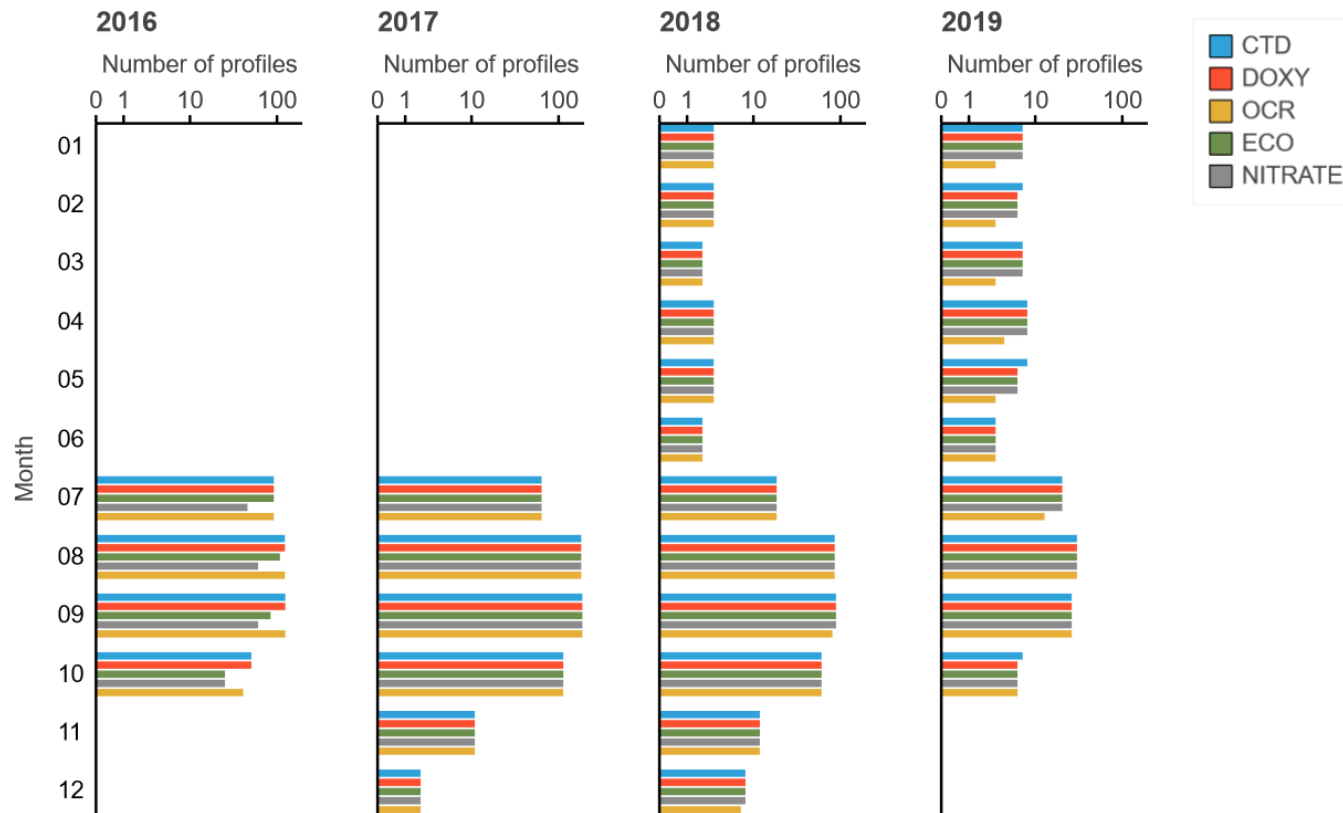
# Pro-Ice: Bilan à ce jour des déploiements en Baie de Baffin

	Nb Float	Nb jour min	Nb Jour Max	Nb profils min	Nb profils max	comment	
2016	4	114	114	98	99	4 perdus durant hiver 2016/17	
2017	7	9	736	10	185	3 perdus (2 identifiés échouage) 4 en nav. hivernale 2017/18	→ 1 en 2ième nav. hivernale 2018/19 → 2 récupérés été 2018 → 1 perdu durant hiver 2017/18
2018	2	318	452	133	186	2 nav. hivernale 2018/19	→ 1 récupéré oct. 2019 → 1 retour surface (mai 2019) détruit
2019	2	47	427*	8	187*	1 entrée d'eau 1 nav. hivernale 2019/20 *toujours actif (au 13/9/20)	→ récupéré oct. 2019 → récupération prévue Octobre 2020
2020						Déploiements reportés (COVID)	

# Pro-Ice: Bilan à ce jour des déploiements en Baie de Baffin

	Nb Float	Nb jour min	Nb Jour Max	Nb profils min	Nb profils max	comment	
2016	4	114	114	98	99	4 perdus durant hiver 2016/17	
2017	7	9	736	10	185	3 perdus (2 identifiés échouage) 4 en nav. hivernale 2017/18	→ 1 en 2ième nav. hivernale 2018/19 → 2 récupérés été 2018 → 1 perdu durant hiver 2017/18
2018	2	318	452	133	186	2 nav. hivernale 2018/19	→ 1 récupéré oct. 2019 → 1 retour surface (mai 2019) détruit
2019	2	47	427*	8	187*	1 entrée d'eau 1 nav. hivernale 2019/20 *toujours actif (au 13/9/20)	→ 1 récupéré oct. 2019 → récupération prévue Octobre 2020
2020						Déploiements reportés (COVID)	

# Pro-Ice: Bilan à ce jour des déploiements en Baie de Baffin

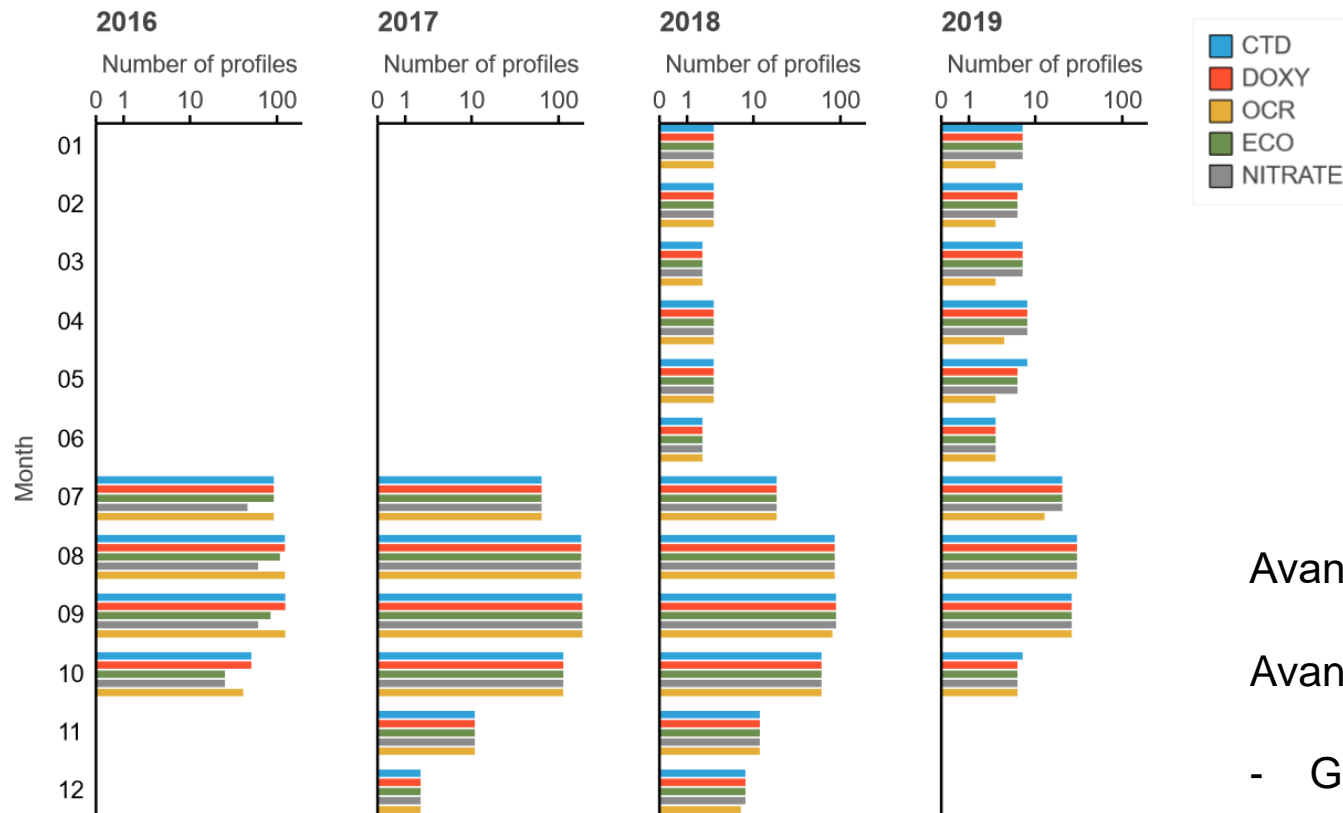


Le Traon et al., 2020 accepté

Crédit Photo: P:Bourgain



# Pro-Ice: Bilan à ce jour des déploiements en Baie de Baffin



Avancées technos sur l'équipement depuis le début du projet

Avancées « vitales »

- Gestion de l'hydraulique en eau froide (viscosité de l'huile)
- Gestion de l'échouage en mode parking (cause de pertes)

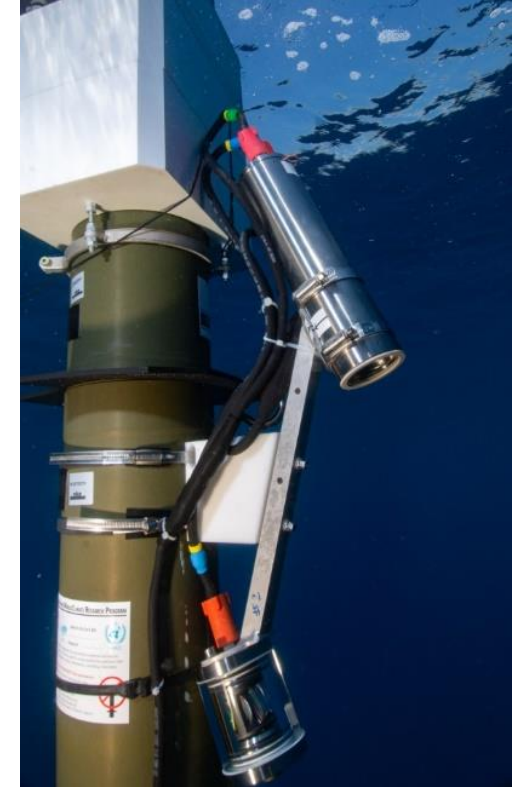
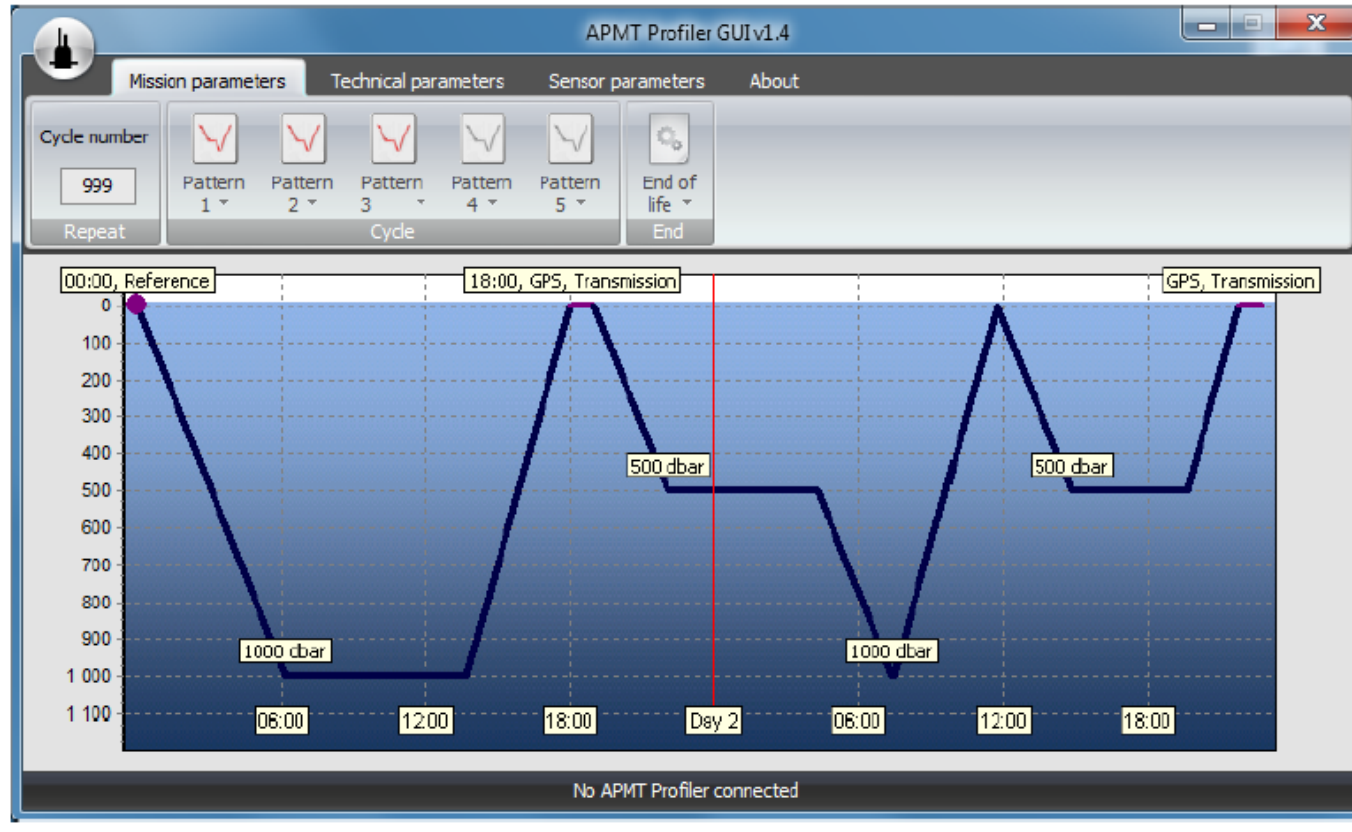
Le Traon et al., 2020 accepté

# Provor CTS5-USEA

## Profileur BGC nouvelle génération



- Plus de capteurs : UVP6, Trios, ...
- Plus de fonctions : Pilotable sous glace, Multi-Parking
- Interface graphique utilisateur



**Merci**

