

Recherche d'épaves par un zodiac autonome tractant un magnétomètre

Premiers résultats et perspectives

Moqesm'18 - ENSTA Bretagne

Romain Schwab



Plan

Introduction

La campagne *boatbot*

- I. Le capteur
- II. Le traitement
- III. Les résultats

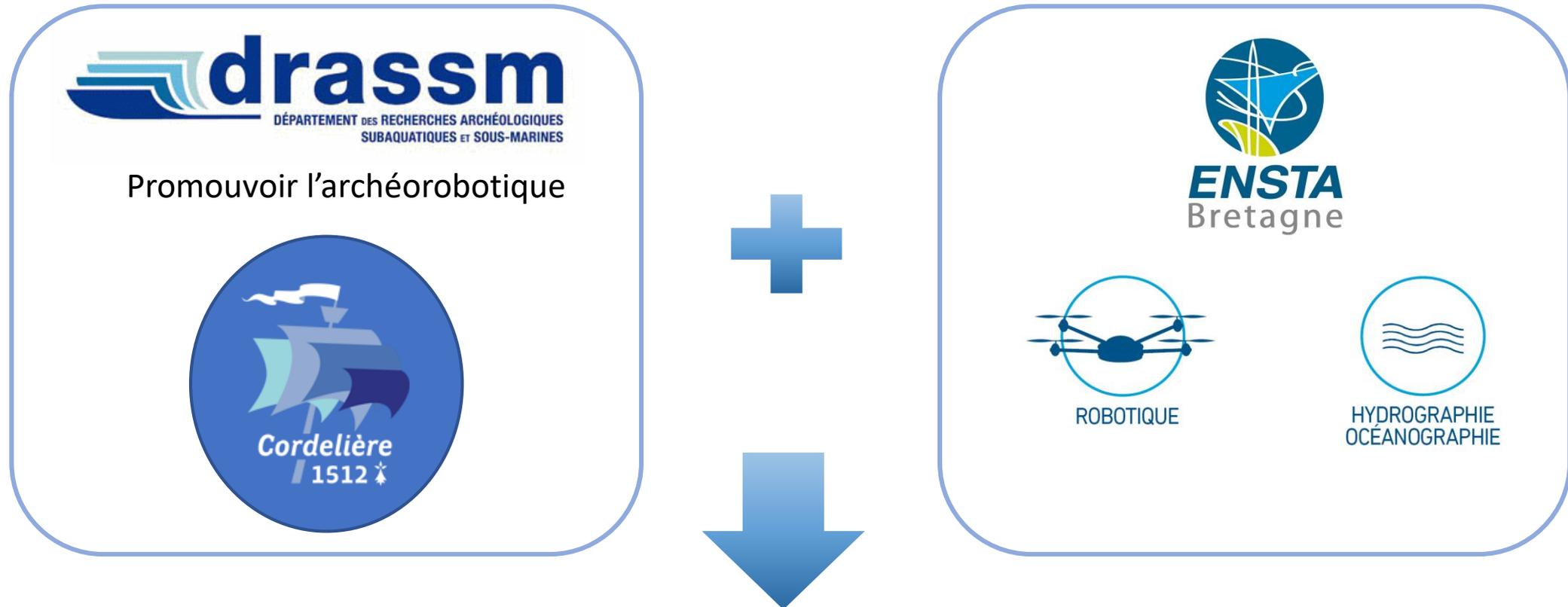
Conclusion et perspectives



Le zodiac autonome « boatbot »

Introduction

Genèse du projet

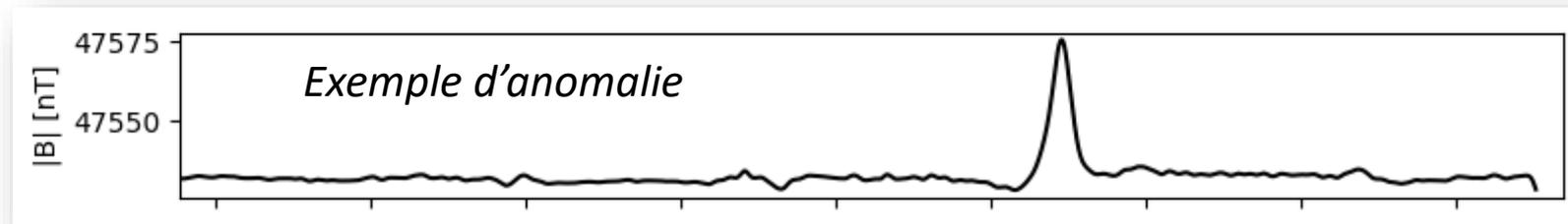


Robot prototype pour la recherche d'épaves : *boatbot*

Introduction

La magnétométrie

- Détection d'**objets ferreux** ou de **courants électriques**
- Unité : Tesla (anomalies : typiquement **1 à 100nT**)



- Cible ponctuelle : $B(x) = C \times \frac{1}{x^3}$

Le capteur

Un choix innovant

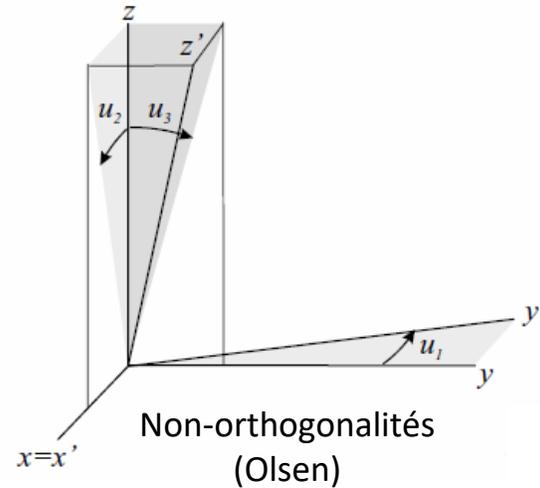
La technologie *flux-gate* :

Avantages :

- Coût modéré
- Performances suffisantes*
- Bande passante
- Faible encombrement
- Faible consommation

Inconvénient principal :

- Moins sensible qu'un scalaire

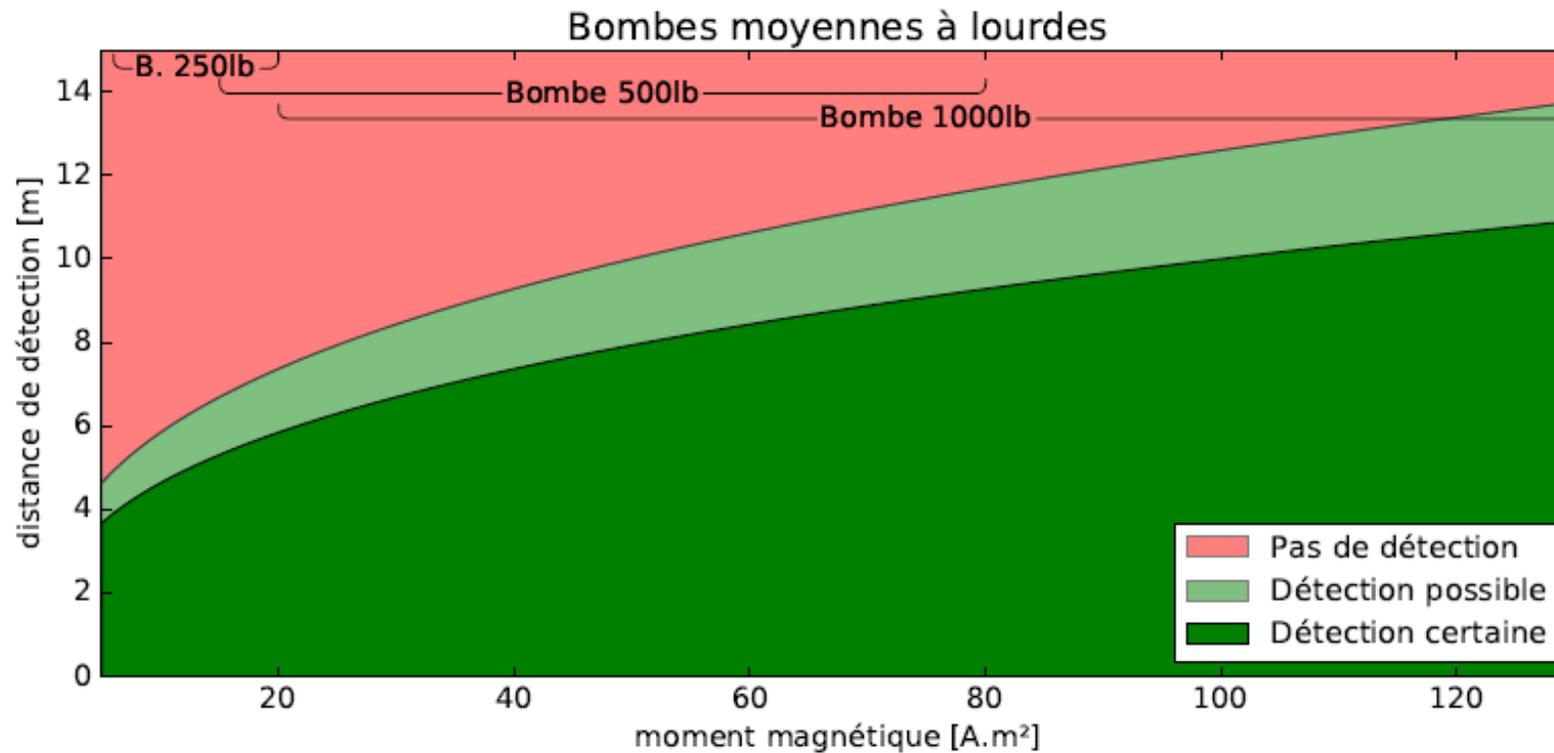


Le capteur utilisé
(Sensys FGM3D)

Compromis entre performances, prix et facilité d'utilisation

Le capteur

Performances atteignables



Portée de détection en fonction du moment magnétique de la cible. Le seuil de détection du capteur est fixé à 10 nT. Les moments magnétiques étudiés sont représentatifs de bombes de 100 à 1000 lb.

Méthode de détection automatique

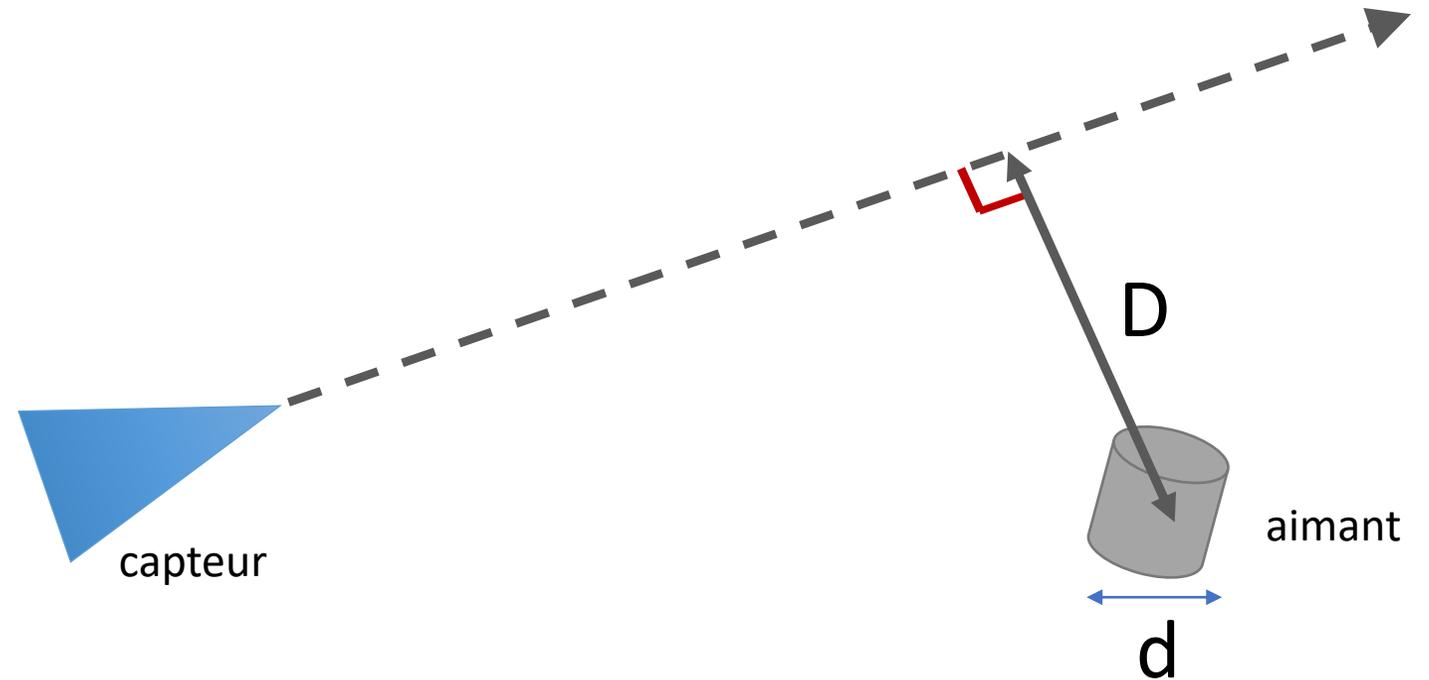
Hypothèses

Source :

- magnétique
- ponctuelle ($d \ll D$)

Géométrie d'acquisition :

- ligne droite
- vitesse constante (V_0)

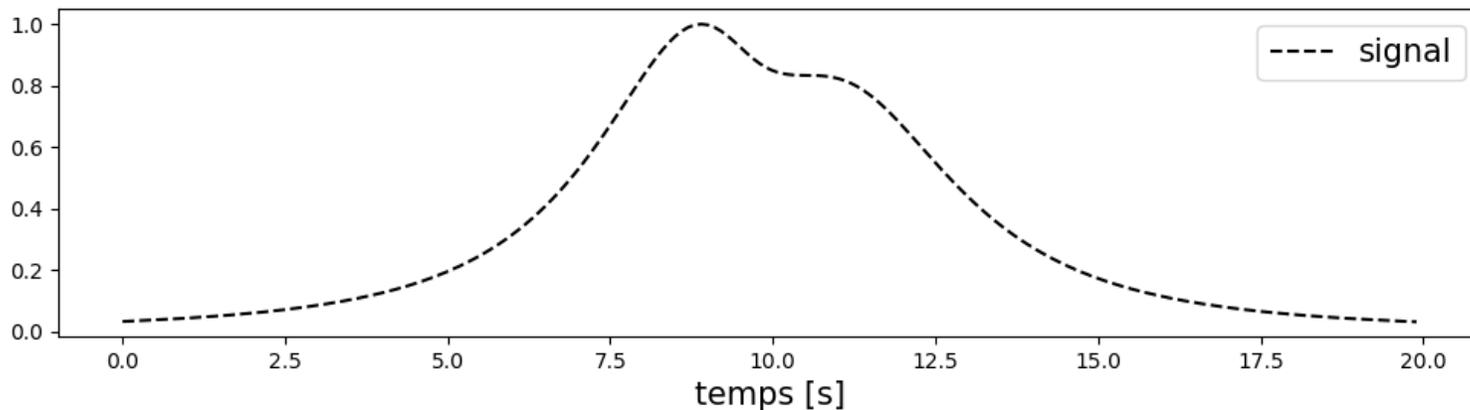
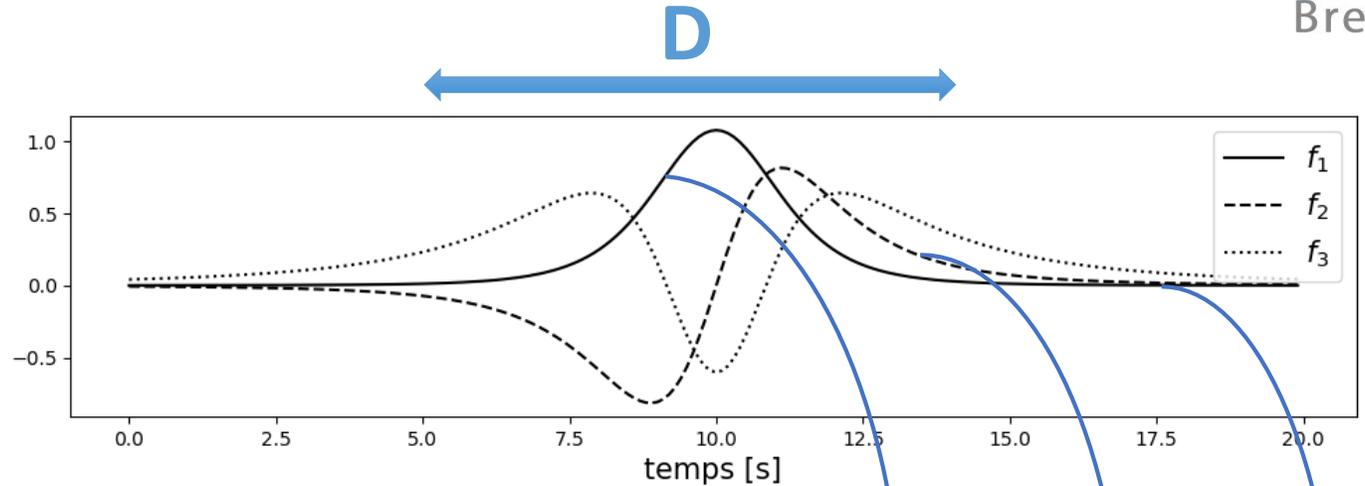


Méthode de détection automatique

Principe

Anderson :

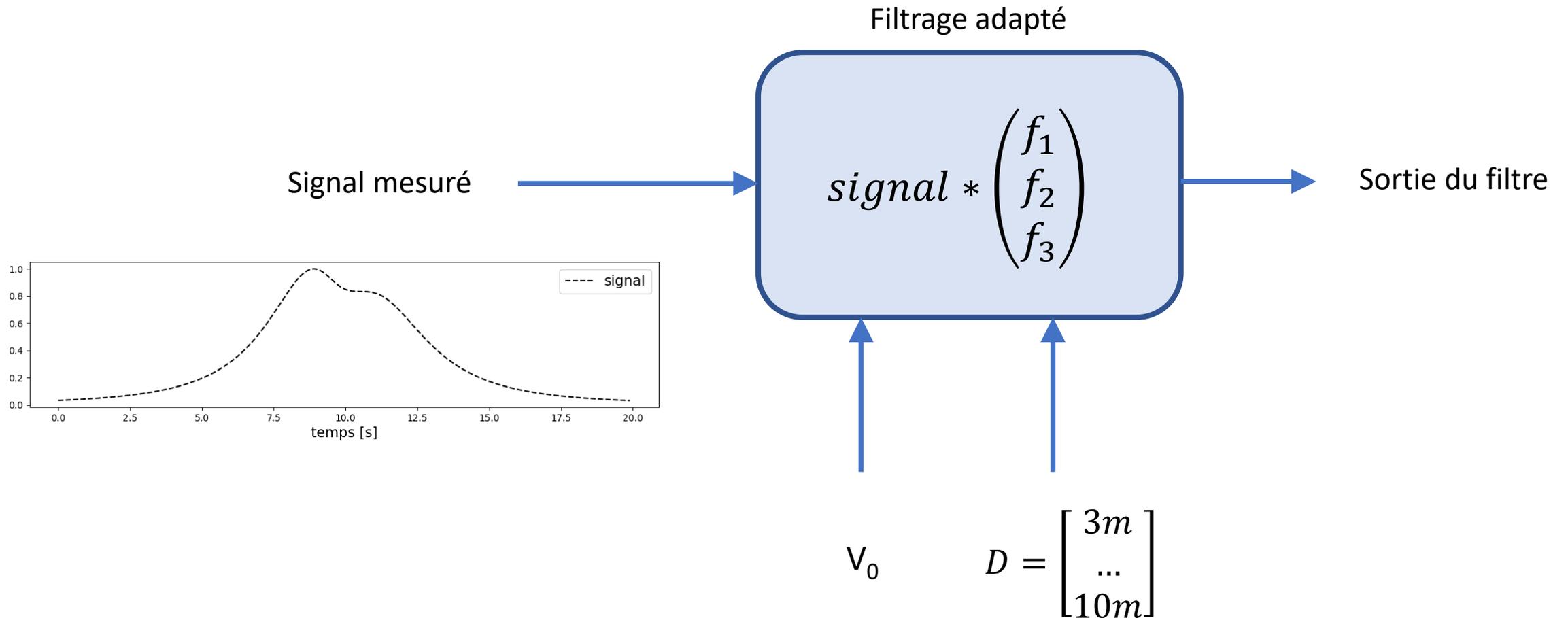
« Le signal magnétique mesuré est une combinaison linéaire de trois fonctions élémentaires connues, à un facteur d'échelle près. »



$$s(t) = a \times f_1(t) + b \times f_2(t) + c \times f_3(t)$$

Méthode de détection automatique

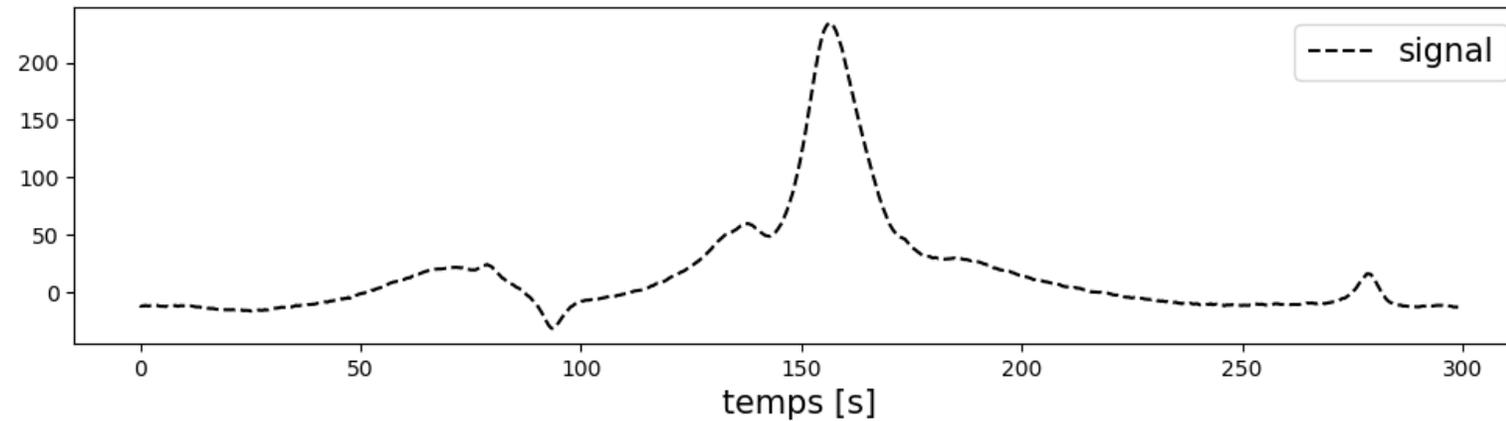
Construction du filtre



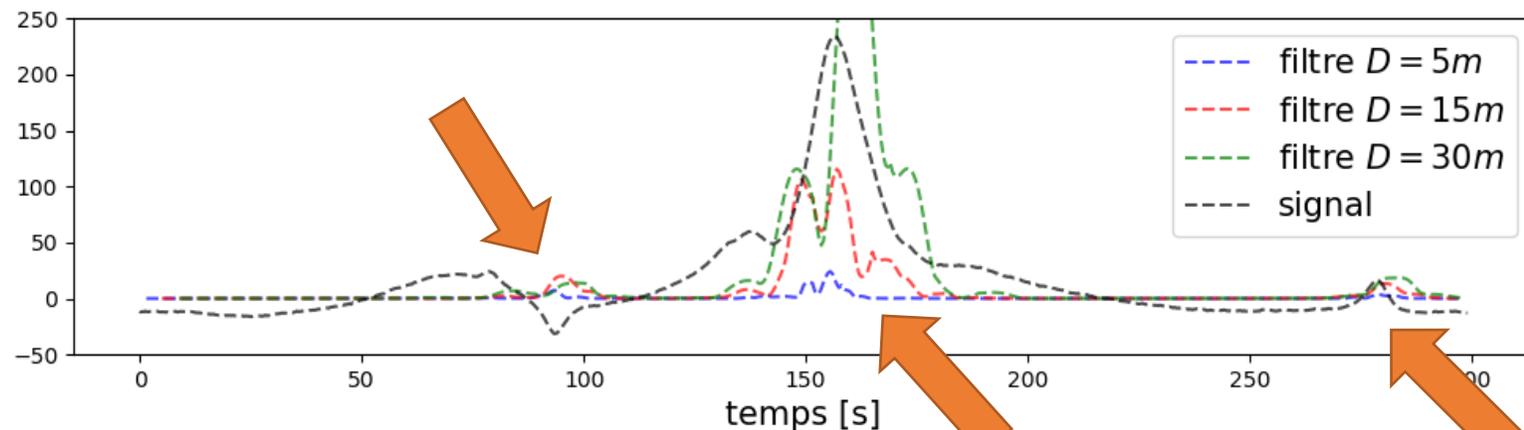
Méthode de détection automatique

Exemple

Signal mesuré :



Résultat du filtre :

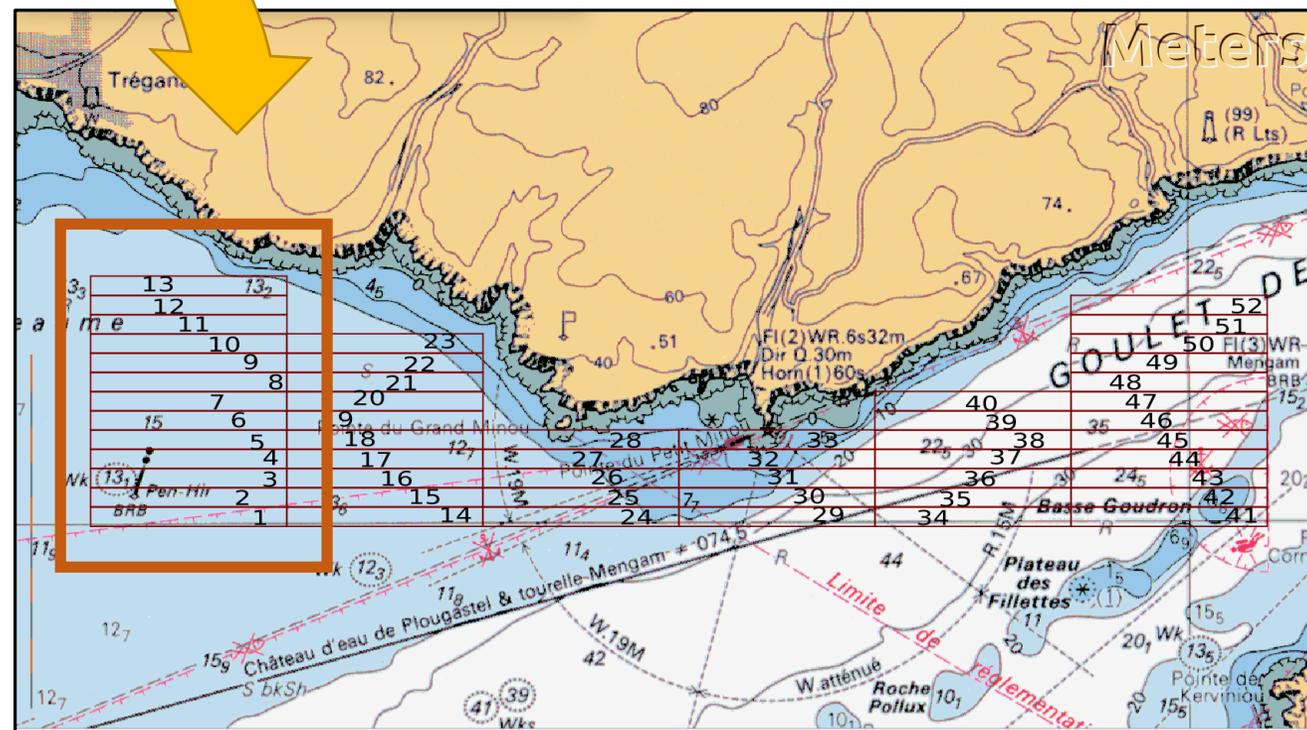


Campagne boatbot

Zone de prospection



Taille d'une brique : 100m x 1km



Planning :

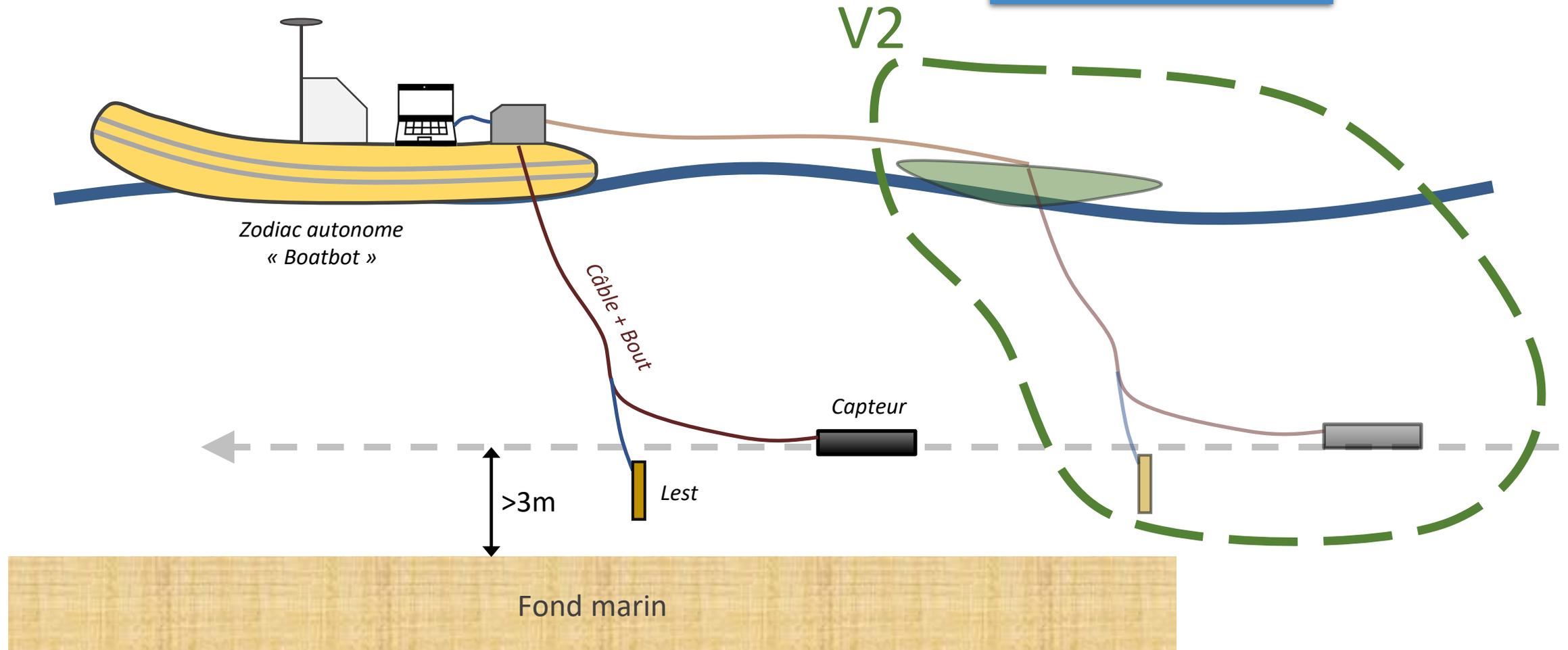
- 4 juillet : premiers essais avec le capteur tracté
- 7 juillet : suivi d'isobathe
- 10 juillet : briques 7, 8, 9
- 11 juillet : fusion sonar latéral + mag. (I. Leblond)
- 13 juillet : briques 4, 5, 6, 11

Campagne boatbot

Matériel

Paramètres de mission :

- $V_0 \approx 5$ nœuds
- $f_e = 400$ Hz



Campagne boatbot Matériel

Capteur avant
« marinsation » :



Câble et bout

Lest

Capteur dans
son caisson étanche

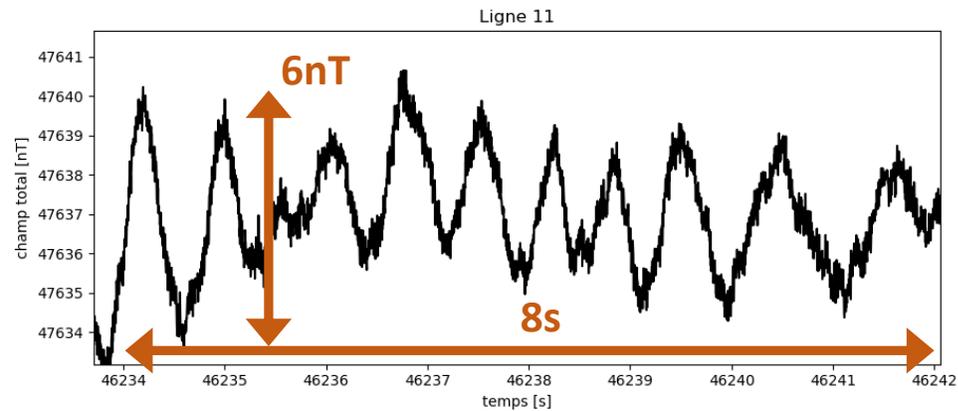


PC d'acquisition

Campagne boatbot

Mesures du 10 juillet 2018

Variations artificielles :

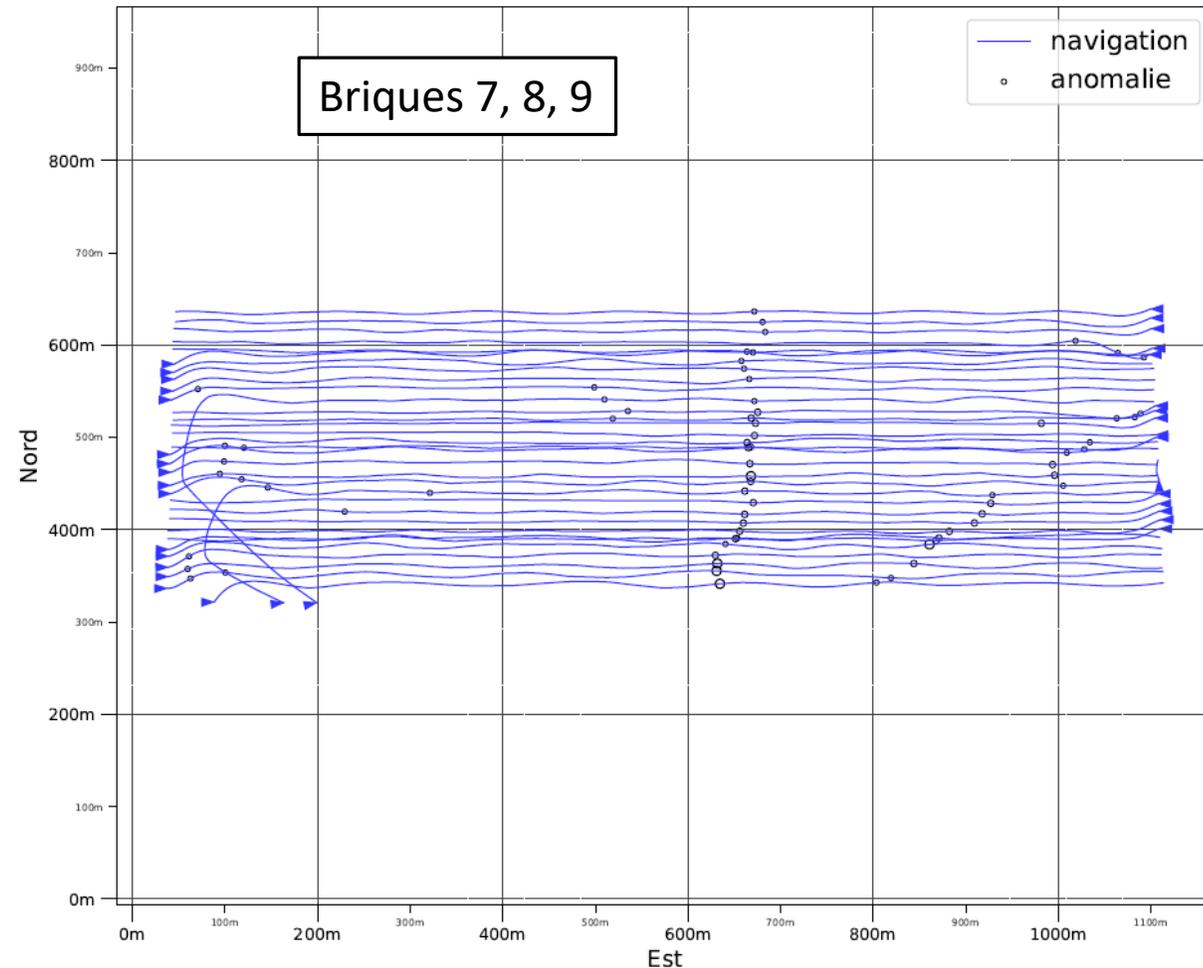


Mise en évidence du roulis

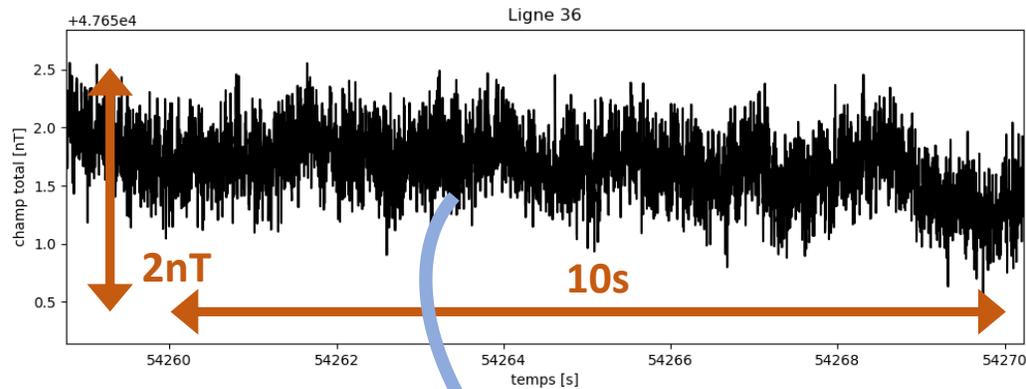


Ajout d'ailettes

Mesures boatbot du 10/07/2018



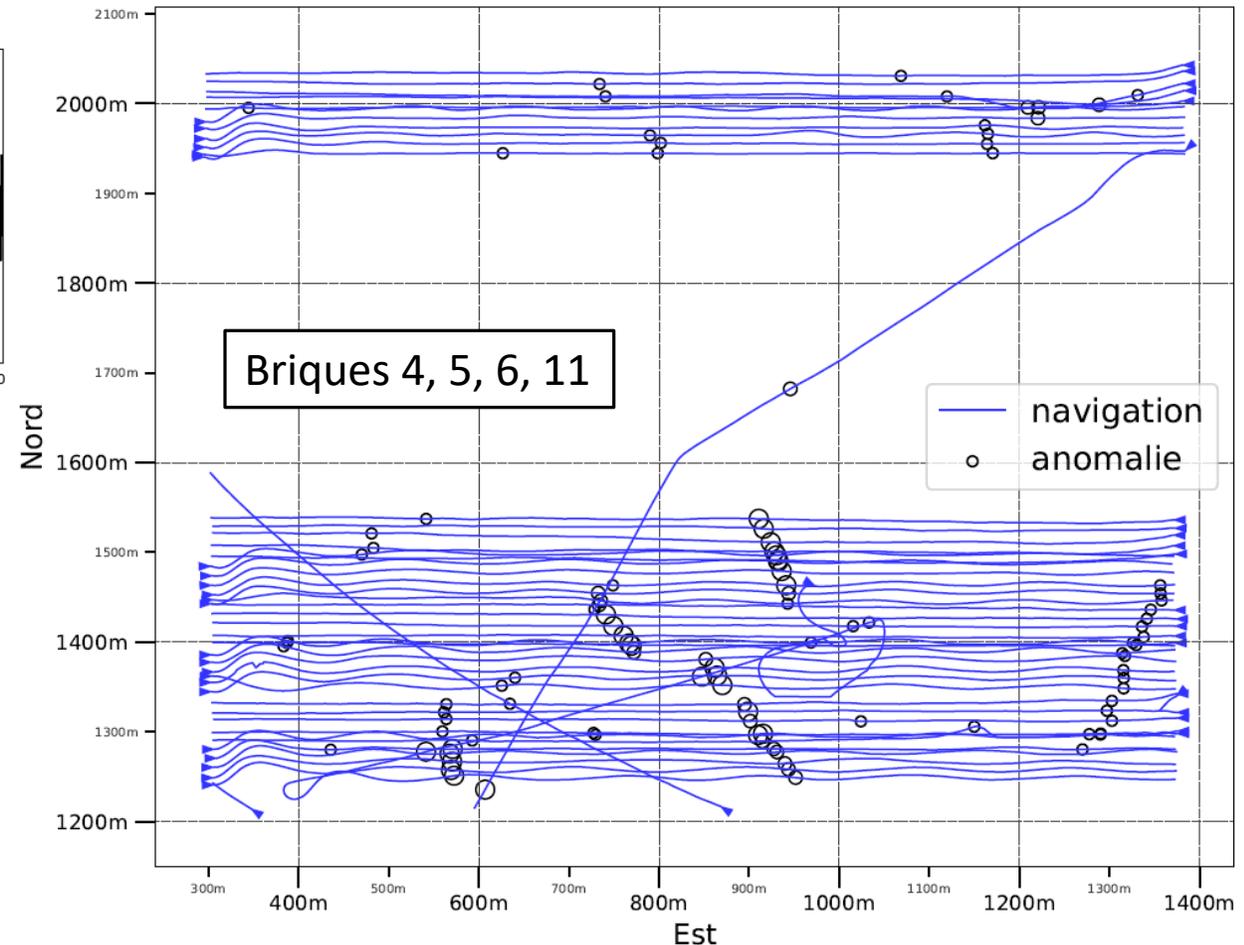
Campagne boatbot Mesures du 13 juillet 2018



Variations de 1 à 2nT

- ✓ Stabilisation efficace
- ✓ Performances très satisfaisantes

Mesures boatbot du 13/07/2018

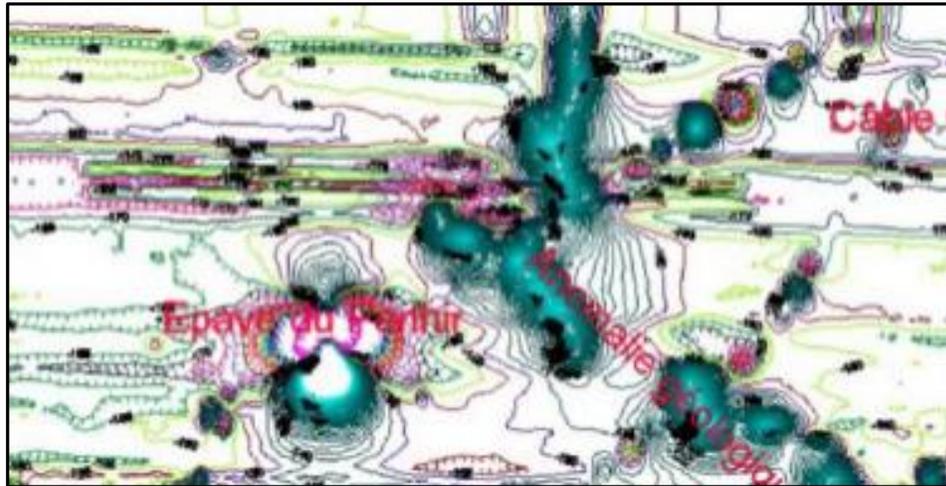


Campagne boatbot

Fusion des mesures

10 juillet + 13 juillet :

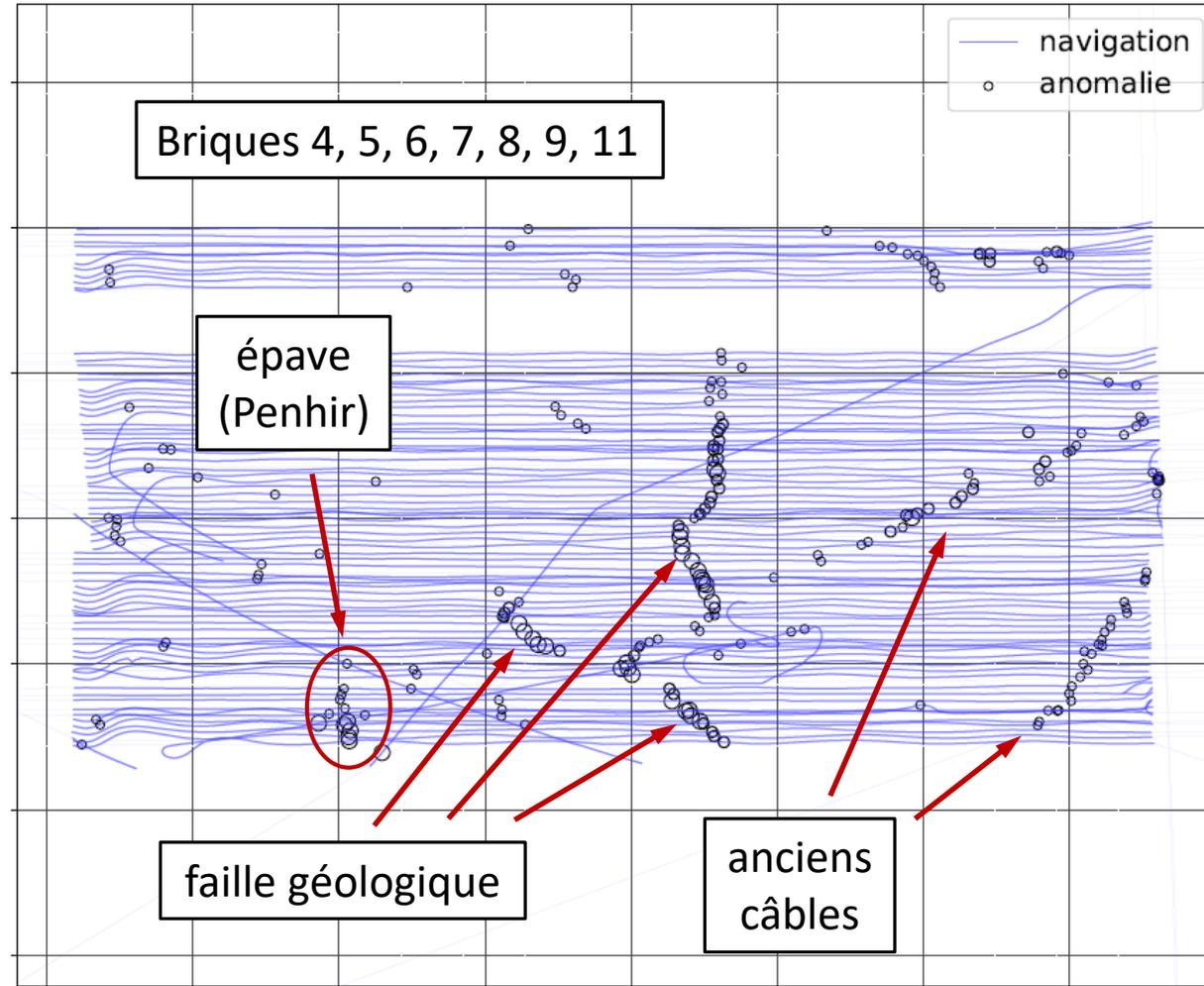
Données cohérentes



Campagne de 2001 (GRAN/DRSM)

Zone encombrée :

- Nombreuses anomalies étendues
- Quelques cibles isolées



Conclusion et Perspectives

Conclusions :

- ✓ Tracter un magnétomètre avec un robot
- ✓ Technologie flux-gate
 - Coût modéré
 - Performances
- ✓ Campagne *boatbot*
 - Données exploitables

Perspectives :

- Analyse des anomalies isolées
- Gains en sensibilité
 - Station de référence SHOM
 - Calibration
 - Asservissement à la bathymétrie
- Gains en opérabilité
 - Sécurisation de la mise à l'eau
 - Interface temps réel

Remerciements

- Aux partenaires
- A tous les bénévoles



Merci !



L'ultime combat de La Cordelière (Pierre-Julien Gilbert)

Annexes

Formules - magnétisme

Relation empirique entre la masse de fer M (en tonnes) et le moment magnétique μ (en A.m²) :

$$\mu \approx 100 \times M \quad \leftrightarrow \quad (1 \text{ tonne de fer} \approx 100 \text{ A.m}^2)$$

Annexes

Comparaison capteur scalaire vs vectoriel

technologie	Scalaire	Vectoriel (<i>flux-gate</i>)
mesure	absolue	relative
information	scalaire (intensité)	vectorielle (intensité + direction)
sensibilité	excellente : $<0,1\text{nT}$	si capteur mobile : $>5\text{nT}$
bande passante	20Hz	2kHz
prix	25k€	3k€
consommation	30W	3W