

# Localization with data association

B. Desrochers, L. Jaulin, S. Kumkov

Saint Petersburg, May 28, 2018



# Motivation

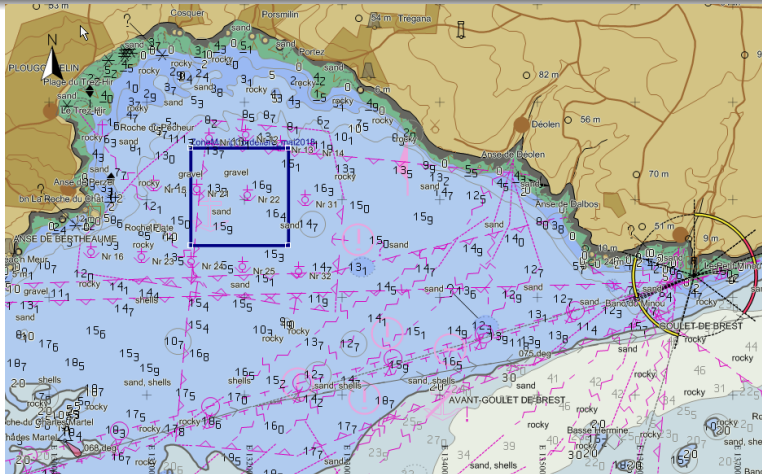
# La Cordelière





# Experiments

Motivation  
Interval analysis  
Test-case





MINISTÈRE DE LA CULTURE

000409

Décision du 13/04/2018 n° 2018-42  
Relative à une opération archéologique sous-marine  
OA 3340

Direction  
générale  
des Patrimoines

Département  
des Recherches  
Archéologiques  
Subaquatiques et  
Sous-Marines

Affaire suivie par  
olivia.lhour@culture.gouv.fr

Poste : 2859

Références

DRASSM  
147, place de l'Étiapue  
13016 MARSEILLE  
(France)  
Tél +33 (0)4 91 14 28 00  
Fax +33 (0)4 91 14 28 14  
le-dome@culture.gouv.fr

La Ministre de la Culture,

Vu le Code du Patrimoine, notamment ses articles R. 532-6 et suivants ;

Vu la demande présentée par le Luc Jaulin, Professeur en robotique à l'ENSTA-Bretagne auprès du Drassm le 30/03/2018 ;

Vu les nécessités du service de tester des outils robotiques dans le cadre du projet de recherche des épaves de la *Cordelière* et du *Regent*,

Décide

Art. 1 – M. Luc JAULIN Professeur en robotique à l'ENSTA-Bretagne procédera à une opération de tests robotiques à l'aide d'AUUV et de magnétomètres en vue de sa participation à la campagne de recherche des épaves de la *Cordelière* et du *Regent* menée par le Drassm en juin et juillet 2018.

- Façade maritime : Atlantique
- Département : Finistère
- Commune : Plougouvenlin
- Intitulé de l'opération : Tests robotiques
- Coordonnées géographiques (wgs 84)
  - Latitude : 48°20.632'N; longitude : 004°41.118'O
  - Latitude : 48°20.717'N; longitude : 004°39.860'O
  - Latitude : 48°19.858'N; longitude : 004°39.715'O
  - Latitude : 48°19.745'N; longitude : 004°41.004'O
- Profondeur : 15 à 18 m

Art. 2 – Conformément à l'article L. 532-8 du Code du Patrimoine, l'opération est exécutée sous la direction effective du titulaire de l'autorisation et placée sous sa responsabilité.

Art. 3 – Le bénéficiaire de la décision doit présenter, à toute demande des autorités compétentes, une copie de ce document.

Le bénéficiaire de la décision tient informé le Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines de ses travaux.

A la fin de l'opération, le bénéficiaire de la décision adresse par mail au Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines un bref compte rendu d'opération accompagné des photographies et vidéographies nécessaires à la documentation.

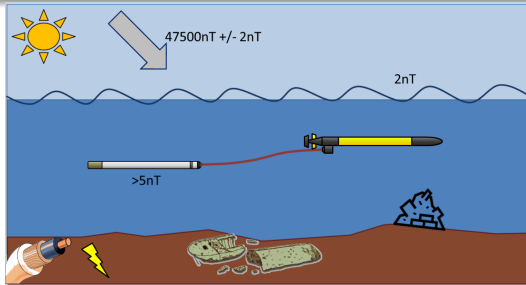
Art. 4 – Le Directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines est chargé de l'exécution de cette décision.

Pour la Ministre et par délégation

Le directeur du Département des Recherches  
Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines

Michel L'HOURE

# Magnetism



Romain Schwab



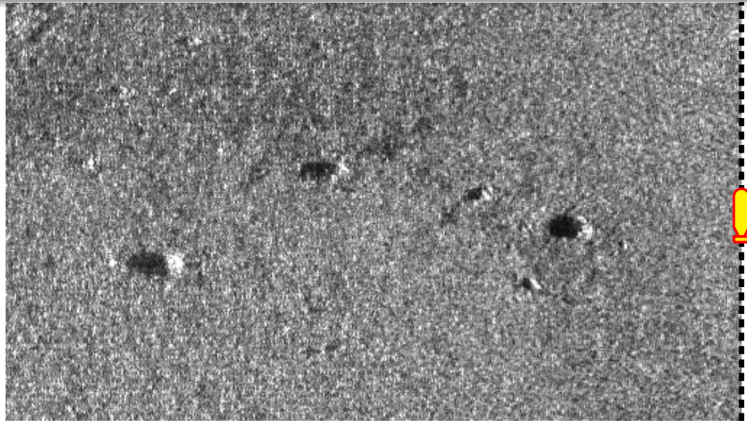
# Robots



Folaga with Kopadia







# Formalization

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t)), \mathbf{u}(t) \\ \mathbf{g}(\mathbf{x}(t), \mathbf{y}(t)) \in \mathbb{M} \\ \mathbf{x}(0) \in \mathbb{X}_0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{(evolution equation)} \\ \text{(observation constraint)} \\ \text{(initial state)} \end{array}$$

# Interval analysis

**Problem.** Given  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  and a box  $[\mathbf{x}] \subset \mathbb{R}^n$ , prove that

$$\forall \mathbf{x} \in [\mathbf{x}], f(\mathbf{x}) = 0.$$

Interval arithmetic can solve efficiently this problem.

# Contractors

The operator  $\mathcal{C} : \mathbb{IR}^n \rightarrow \mathbb{IR}^n$  is a *contractor* for  $f(\mathbf{x}) = 0$ , if

$$\begin{cases} \mathcal{C}([\mathbf{x}]) \subset [\mathbf{x}] & \text{(contractance)} \\ \mathbf{x} \in [\mathbf{x}] \text{ and } f(\mathbf{x}) = 0 \Rightarrow \mathbf{x} \in \mathcal{C}([\mathbf{x}]) & \text{(consistence)} \end{cases}$$



## Building contractors

Consider the equation

$$x_1 + x_2 - x_3 = 0$$

with  $x_1 \in [x_1]$ ,  $x_2 \in [x_2]$ ,  $x_3 \in [x_3]$ .

We have

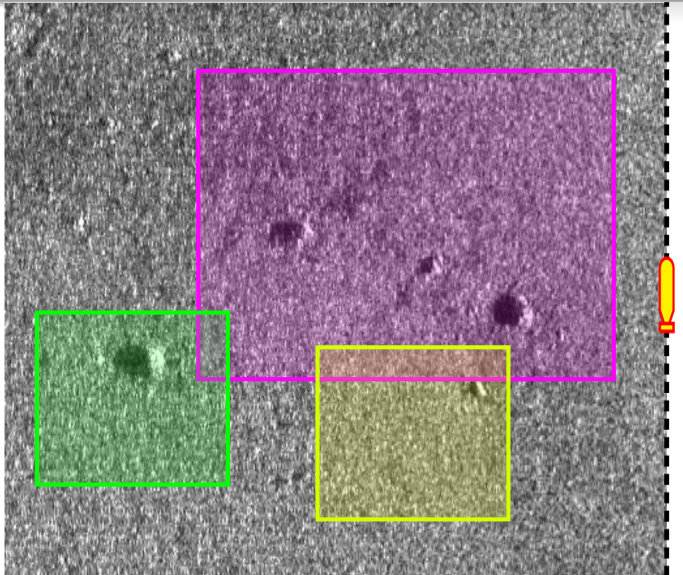
$$x_3 = x_1 + x_2 \Rightarrow x_3 \in [x_3] \cap ([x_1] + [x_2])$$

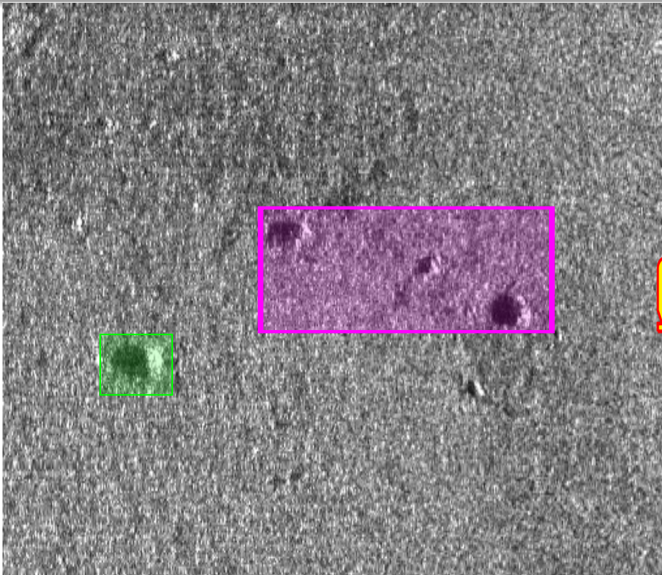
$$x_1 = x_3 - x_2 \Rightarrow x_1 \in [x_1] \cap ([x_3] - [x_2])$$

$$x_2 = x_3 - x_1 \Rightarrow x_2 \in [x_2] \cap ([x_3] - [x_1])$$

The contractor associated with  $x_1 + x_2 = x_3$  is thus

$$\mathcal{C} \begin{pmatrix} [x_1] \\ [x_2] \\ [x_3] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} [x_1] \cap ([x_3] - [x_2]) \\ [x_2] \cap ([x_3] - [x_1]) \\ [x_3] \cap ([x_1] + [x_2]) \end{pmatrix}$$





# Test-case

