

Estimation des performances
d'un robot sous marin

Comment trouver la vérité terrain ?

Sûreté de fonctionnement en robotique

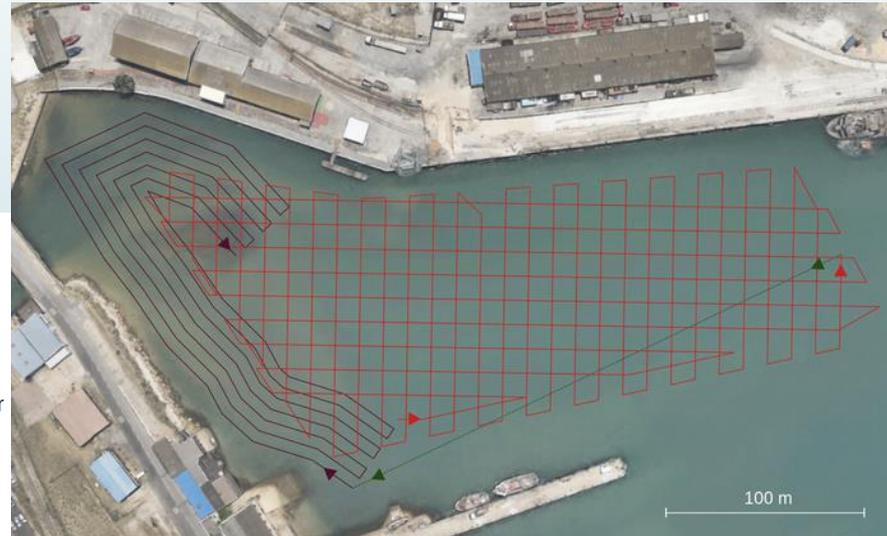
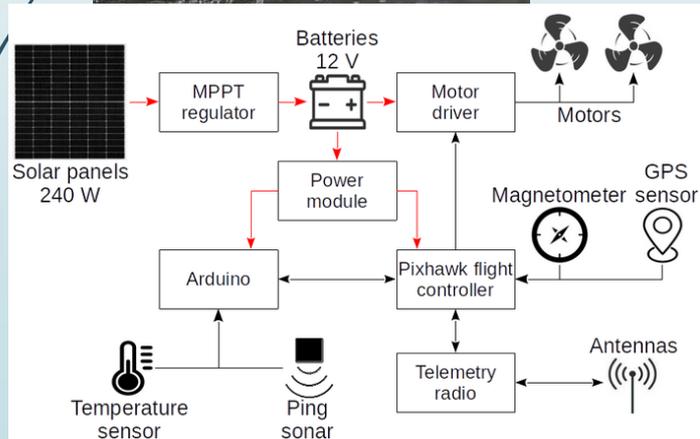
- ▶ Système marin autonome fiable faible coût
 - ▶ **AUTONOMIE** : l'autonomie réelle en robotique a beaucoup progressée, mais reste encore limitée en environnement complexe et/ou inconnu;
 - ▶ **FIABILITE** : de même, les techniques de SdF existantes (avionique,..) sont encore à adapter au contexte robotique;
 - ▶ **ENVIRONNEMENT MARIN** : environnement agressif, complexe et mal connu;
 - ▶ **FAIBLE COÛT** : les solutions les plus efficaces en SdF comme en sous marin sont coûteuses.. Quid du low cost ?
 - ▶ **UTILE** : prise en compte au plus près des besoins utilisateurs

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a dark grey arrow pointing to the right at the top. Below it, several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep across the page, creating a sense of movement and design.

Fiabilité et Garantie de performance

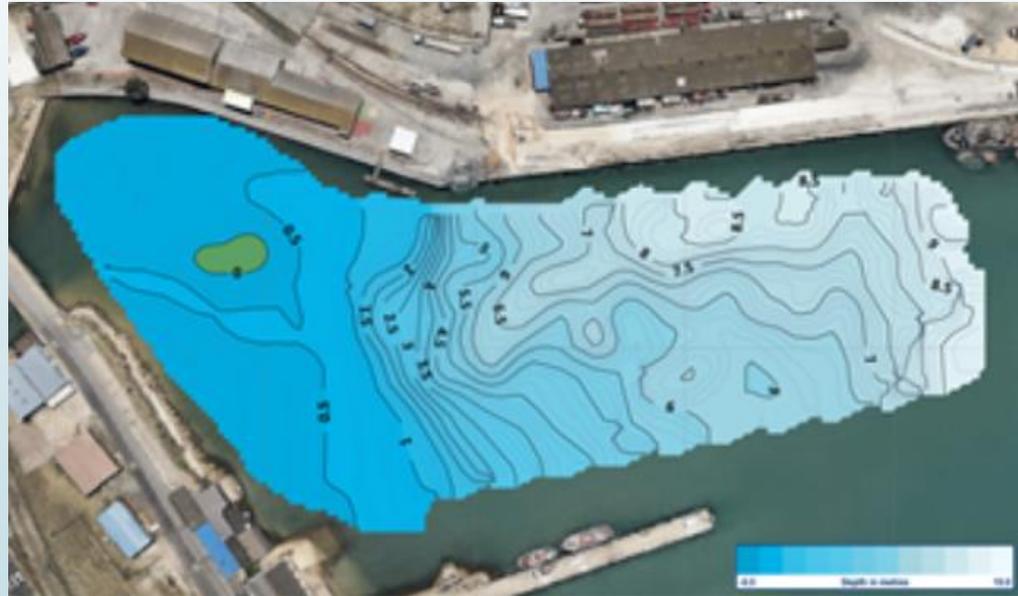
- Autonomie, environnement complexe, robotique pour des missions utilisateurs :
- Besoin de **confiance** dans le système
- Besoin de garantir la **fiabilité** du système et de son environnement (SdF), mais aussi celle de la bonne exécution de la mission (**performance**).

Exemple : scan des fonds du port de Port Elizabeth (Afrique du Sud)



Exemple : scan des fonds du port de Port Elizabeth (Afrique du Sud)

Confiance ?



Méthodologie

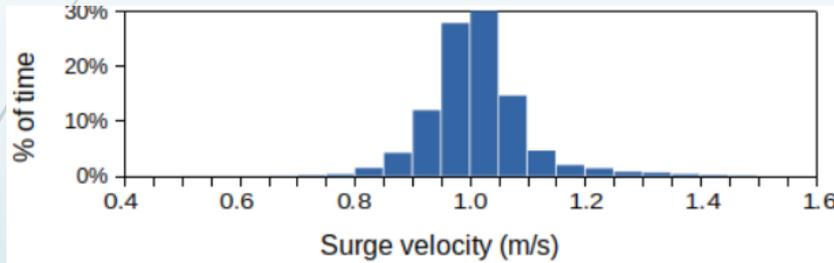
- Contraintes de fiabilité + Besoins utilisateurs
 - Propriétés à vérifier
- Vérification a priori (vérification formelle), online (tolérance aux fautes/management de mission), a posteriori (test de l'oracle)
- Au LIRMM : Architecture de contrôle et méthodologie de SdF et garantie de performance. (au moins 5 thèses)

Méthodologie

Constraint	Parameter	3SM
USV close to desired path	Cross track error (m)	< 5
Location estimation accurate	EKF position std deviation (m)	< 1
Surge velocity close to user expectations	Diff between estimated and desired surge velocity (m/s)	< 0.5
Depth measured with sufficient density	Distance to valid measurement in survey area (m)	< 6
Energy remaining high enough	Battery voltage (V)	> 13

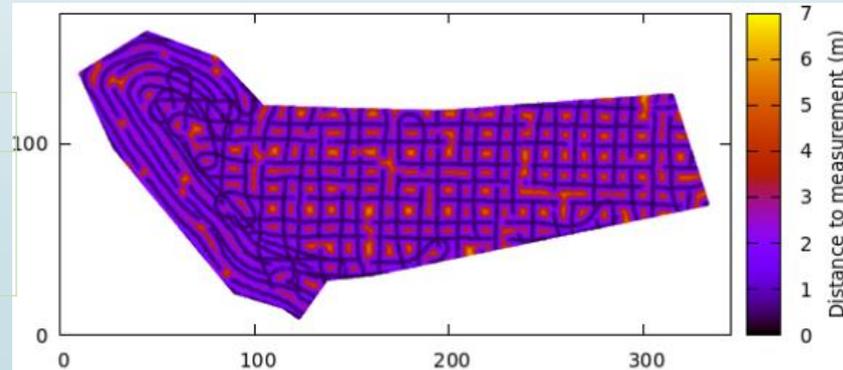
Sûreté de fonctionnement en robotique

Application à un robot marin autonome pour le scan des fonds du port de Port Elizabeth



Constraint	Parameter	3SM
Surge velocity close to user expectations	Diff between estimated and desired surge velocity (m/s)	< 0.5 0.41

Constraint	Parameter	3SM
Depth measured with sufficient density	Distance to valid measurement in survey area (m)	< 6 5.10

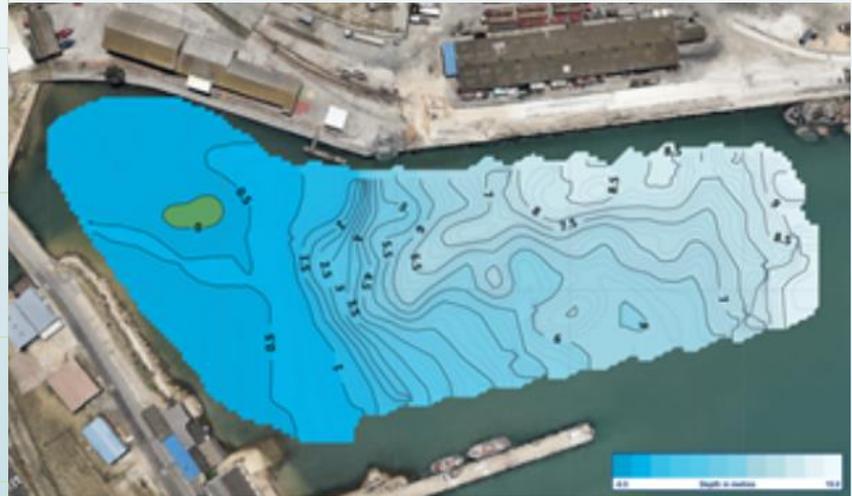


Sûreté de fonctionnement en

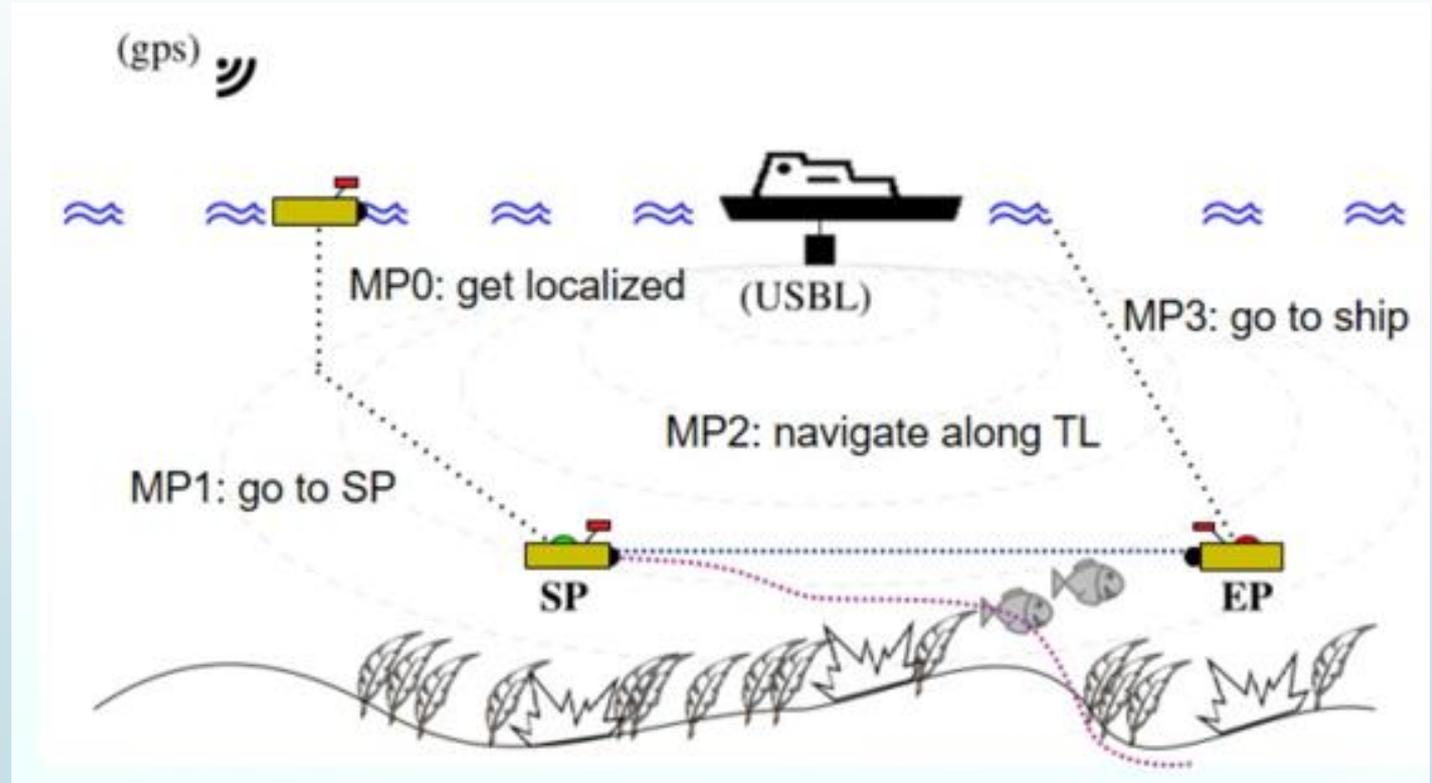
robotique

Application à un robot marin autonome pour le scan des fonds du port de Port Elizabeth

Constraint	Parameter	3SM
USV close to desired path	Cross track error (m)	< 5 4.70
Location estimation accurate	EKF position std deviation (m)	< 1 0.39
Surge velocity close to user expectations	Diff between estimated and desired surge velocity (m/s)	< 0.5 0.41
Depth measured with sufficient density	Distance to valid measurement in survey area (m)	< 6 5.10
Energy remaining high enough	Battery voltage (V)	> 13 13.36



Another example : transect robotisé



Exemples de propriétés

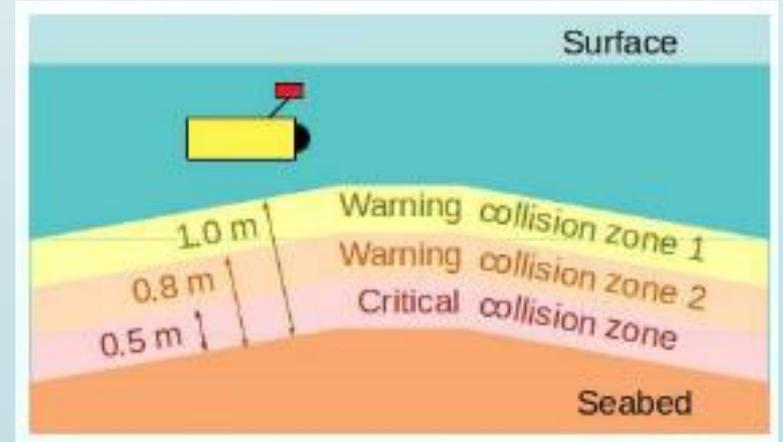
Class	Property	Description
Mission	P1	The robot must remain close to TL
Safety	P2	The robot must remain at safe distance from the seabed
	P3	The robot must be able to control its 6DoF
Energy	P4	The robot must have enough energy to finish the mission

Time	Time taken for mission phases not too long	$\delta t_{init} < \delta t_{init}^{max}$
		$\delta t^{SP} < \frac{dist_{init}^{SP}}{v_{min}^{SP}}$
		$\delta t^{EP} < \frac{dist_{init}^{EP}}{v_{min}^{EP}}$
Safety	No water leak	$W_{detect} = false$
	No high intern temperature	$T < T_{max}$
	No low altitude	$alti > alti_{min}$
	No high pressure	$press < press_{max}$
	No communication loss	$\delta t_{com} < \delta t_{com}^{max}$
Energy	No low battery voltage	$volt > volt_{min}$
Loc	Precision estimated good enough	$var < var_{max}$

Exemples de propriétés



Exemple de contrainte mission : ne pas s'éloigner de TL trop longtemps





Comment évaluer ces contraintes ?

- Problème de la pertinence / précision de la vision du robot VS la réalité.
- Besoin de la VERITE TERRAIN.
- 3 types d'évaluation nécessaire :
 - Précision des capteurs
 - Précision des données internes (statuts) du robot
 - Précision de éléments plus haut niveau (mission)

Exemple concret

- Propriété : pas trop prêt du fond marin
- 1^{ère} étape : évaluer la précision du capteur d'altitude (pinger BlueRobotics)
- Spécification : 0,5m-70m
- Réalité : sur des tests, il « saute » entre 0,8 et 1,2m.. D'après lui-même.



Autre exemple évident

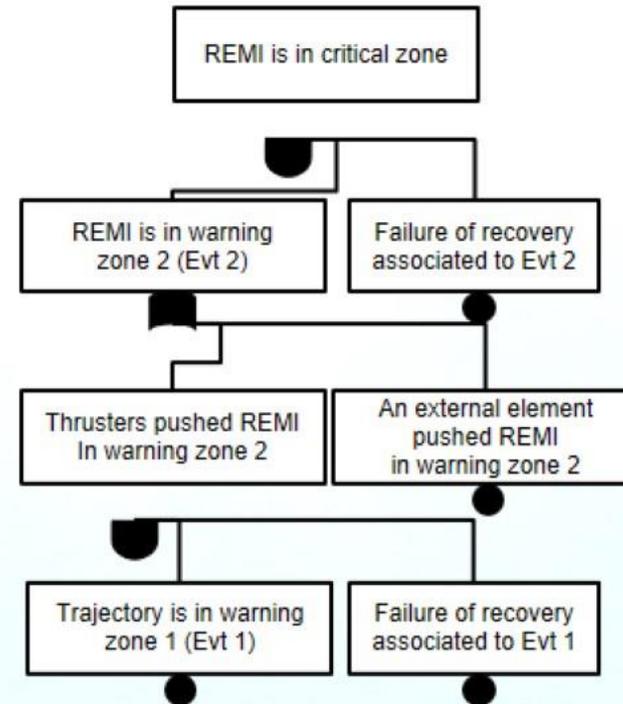
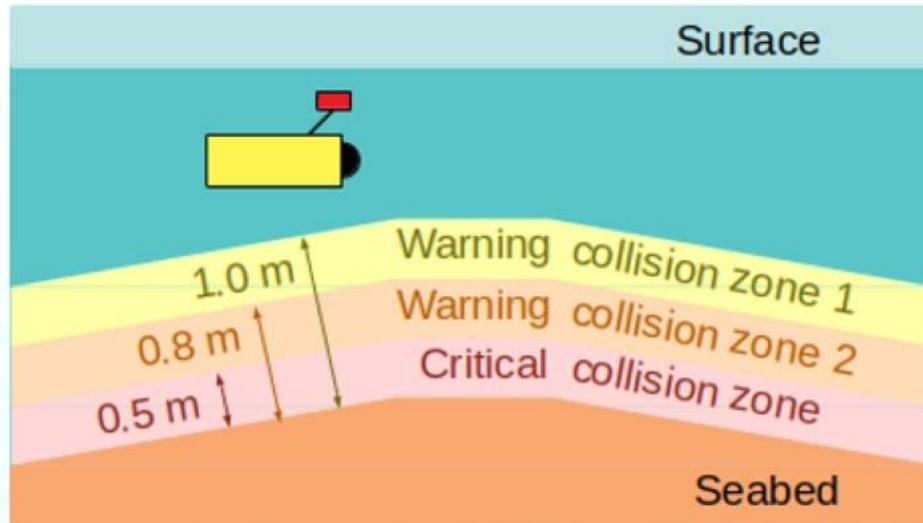
- La localisation du robot.
 - Il croit que..
 - Les algos nous donne une précision théorique de..
 - Mais comment vérifier vraiment ?
- Rappel: low cost, piscine pas possible car capteurs acoustique, instrumentation du milieu super difficile..



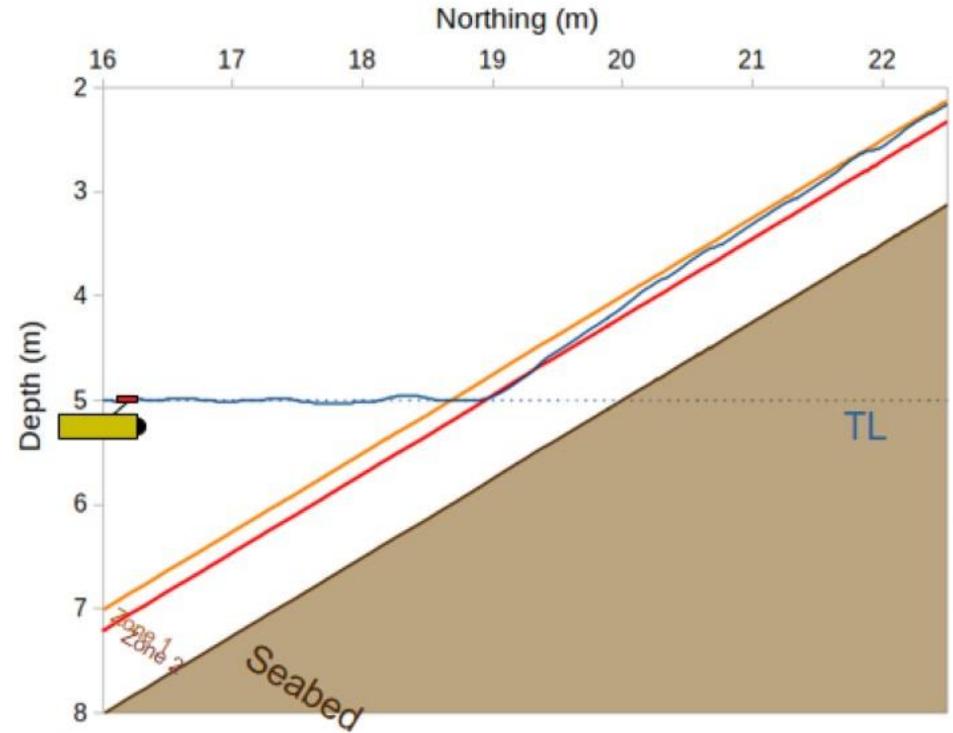
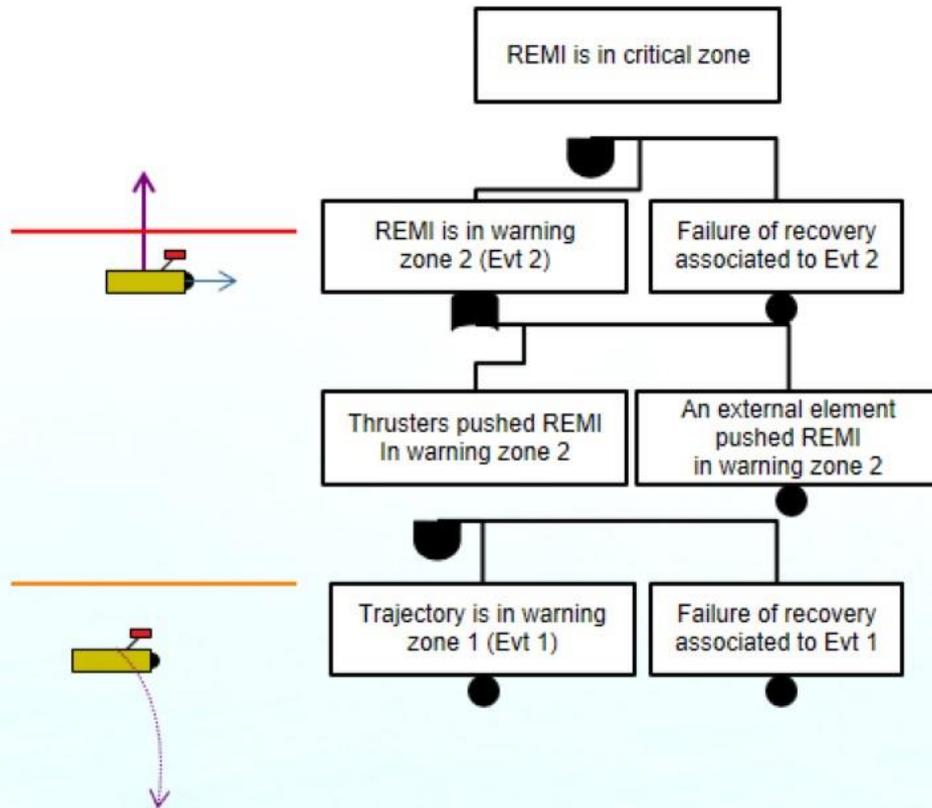
THE END...

HELP ?

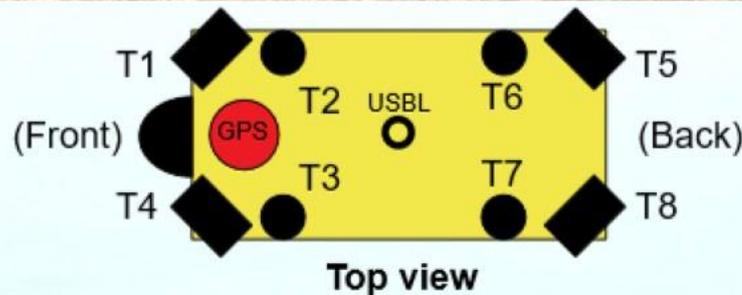
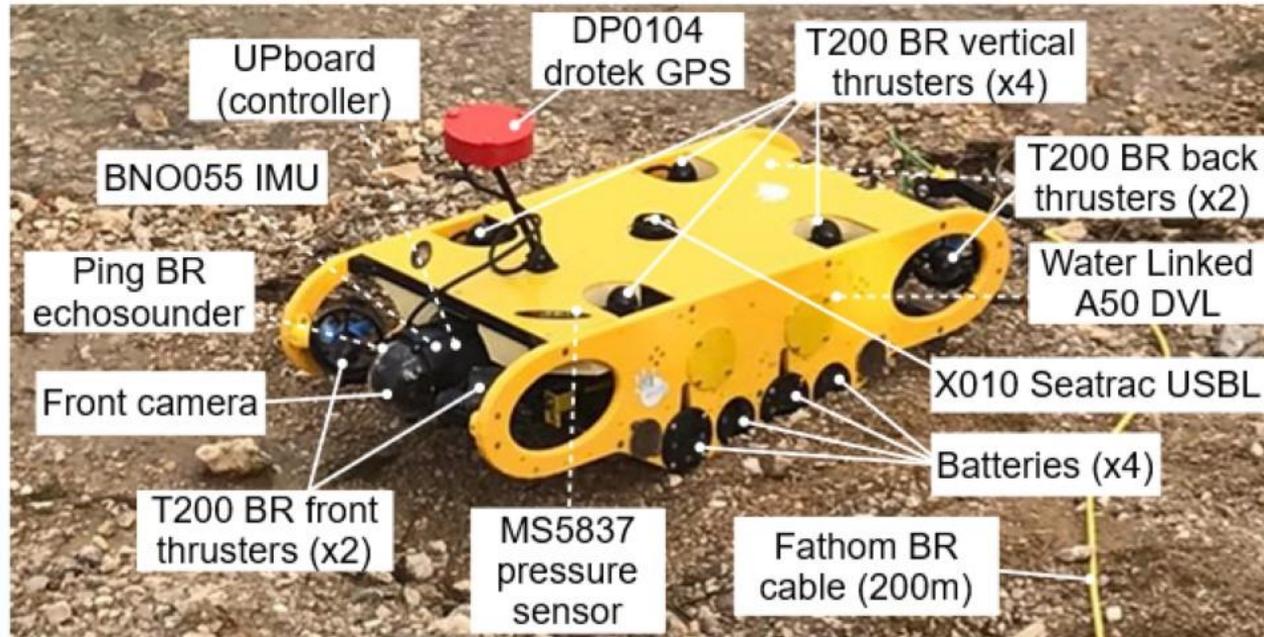
Fault trees, undesired events and recoveries



Validation example



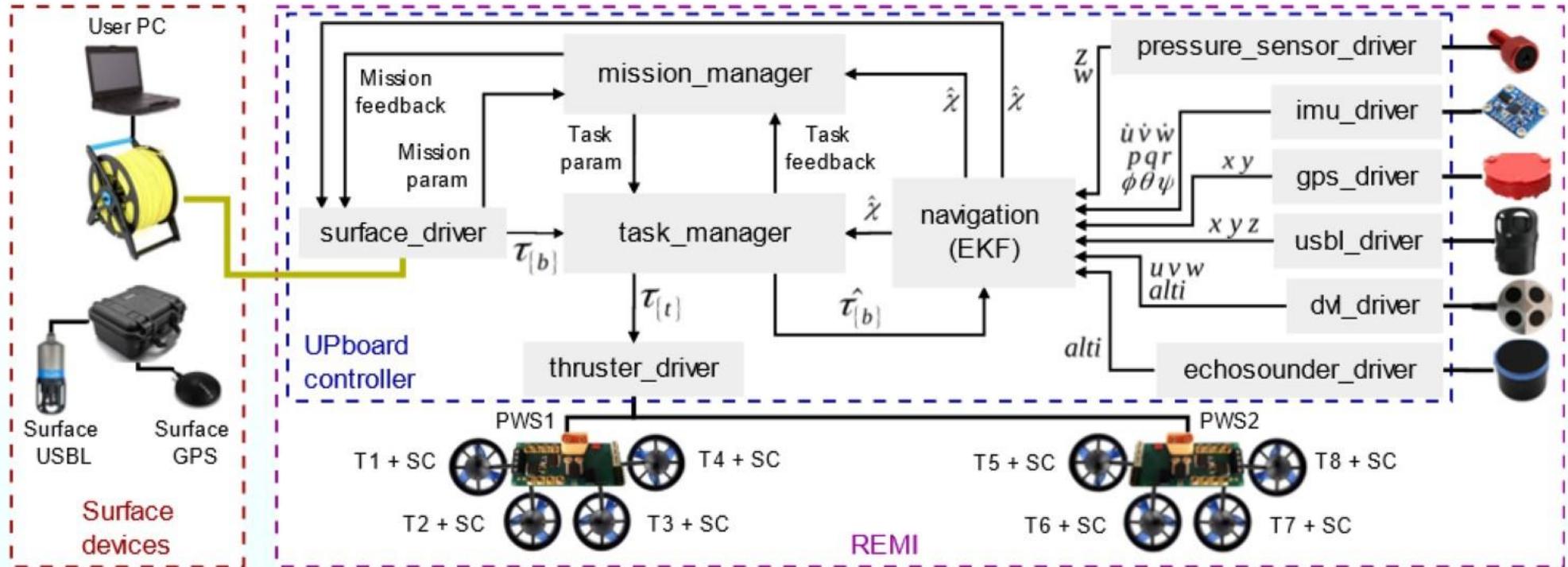
The hardware platform



Length	80 cm
Width	40 cm
Height	35 cm
Weight	30 kg
Hardware cost	30 k€

Basic characteristics

The control loop



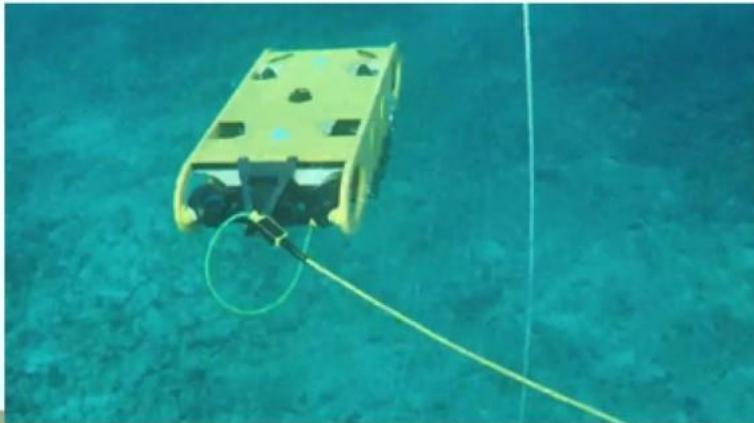
Context

REMI platform &
transect mission

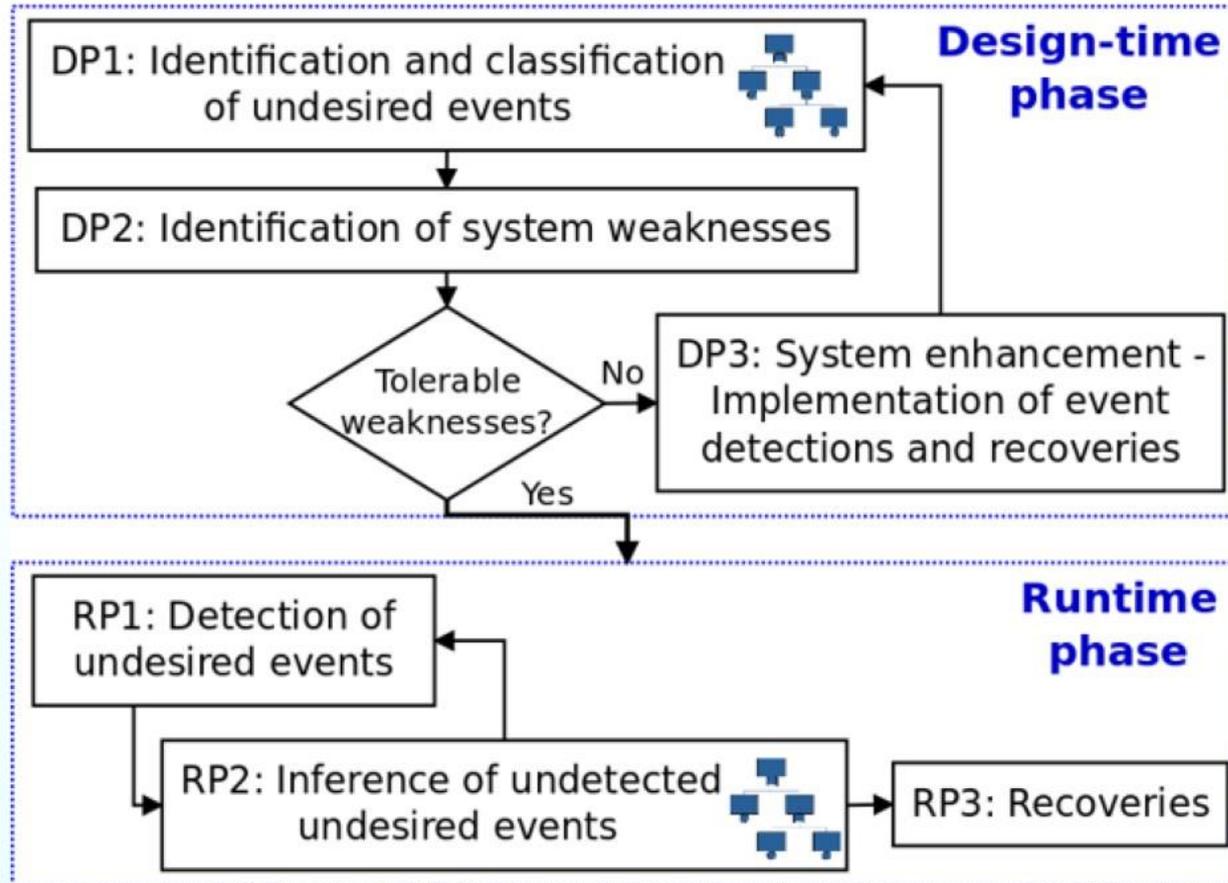
FT2 framework

Glider for
marine survey

Test in the field



FT2 framework overview



Source: A. Hereau. "Multi-level fault to